

# Certificación energética de edificios. Sector terciario

**GEES – Grupo de Estudios de Energía para la  
Sostenibilidad.**

**Càtedra Unesco de Sostenibilitat - UPC**

**Coordinadora: Ing. Ind Núria Garrido**

**Colaboradores: Ing. Ind. Juan Carlos Almecija**

**Ing. Ind. Cristina Folch**

**Ing. Ind. Irene Martínez**

**Ing. Ind. Laura Garcia**

## 0 ÍNDICE

<b>0</b>	<b>ÍNDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
3.1	NORMATIVA A NIVEL EUROPEO .....	2
3.1.1	<i>Experiencias en Europa.....</i>	3
3.2	NORMATIVA A NIVEL ESTATAL.....	4
3.3	EXPERIENCIAS EN ESPAÑA. ....	9
3.3.1	<i>País Vasco.....</i>	9
3.3.2	<i>Sevilla.....</i>	9
3.3.3	<i>Barcelona.....</i>	9
<b>4</b>	<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>11</b>
4.1	HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS .....	11
4.1.1	<i>CALENER Vyp .....</i>	11
4.1.2	<i>CALENER GT.....</i>	12
4.2	PROCESO DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.....	13
4.3	OPCIÓN SIMPLIFICADA PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES .....	14
4.3.1	<i>Ámbito de aplicación .....</i>	14
4.3.2	<i>Soluciones técnicas .....</i>	14
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
5.1	DEFINICIÓN EDIFICIOS .....	16
5.2	DEFINICIÓN ESCENARIOS.....	19
5.2.1	<i>Escenario Gas Natural – Gas Natural.....</i>	19
5.2.1.1	<i>Escenario Gas Natural – Gas Natural con sistema de cogeneración.....</i>	19
5.2.2	<i>Sistema mixto: Gas Natural – Eléctrico.....</i>	19
5.2.3	<i>Escenario: todo eléctrico.....</i>	20
5.2.4	<i>Sistemas de climatización- edificios.....</i>	20
5.2.4.1	<i>Sistemas de climatización edificio administrativo .....</i>	20
5.2.4.2	<i>Sistemas de climatización centro comercial .....</i>	22
5.2.4.3	<i>Sistemas de climatización edificio docente .....</i>	23
5.2.4.4	<i>Sistemas de climatización hotel.....</i>	23
5.2.4.5	<i>Sistemas de climatización edificio polideportivo.....</i>	24
5.2.5	<i>Escenarios.....</i>	26
5.2.6	<i>Aportación energías renovables .....</i>	27
5.2.7	<i>Cogeneración.....</i>	29
5.2.8	<i>Producción Agua Caliente Sanitaria.....</i>	29
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
6.1	EDIFICIO ADMINISTRATIVO .....	32
6.2	EDIFICIO CENTRO COMERCIAL .....	37
6.3	EDIFICIO DOCENTE .....	42
6.4	EDIFICIO HOTEL.....	46
6.5	EDIFICIO POLIDEPORTIVO .....	52
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS CALENER GT – LIMITACIONES DEL PROGRAMA .....</b>	<b>57</b>
7.1	SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	57

7.2	COGENERACIÓN .....	57
7.3	GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.....	58
7.4	AGUA CALIENTE SANITARIA.....	59
7.5	CURVAS DE FUNCIONAMIENTO CALDERAS.....	59
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>
	I. Organismos competentes de las comunidades autónomas .....	67
	II. Escala de calificación energética para edificios no residenciales .....	70
I.1.	GRADO DE SIMILITUD .....	70
I.2.	EDIFICIOS NO DESTINADOS A VIVIENDA .....	70
I.3.	ESCALA DE CALIFICACIÓN .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3-1	ESCALA DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES.....	7
TABLA 3-2	ESCALA DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.....	8
TABLA 5-1	TIPOLOGÍAS DE EDIFICIOS .....	16
TABLA 5-2	ZONAS CLIMÁTICAS .....	16
<b>TABLA 5-3</b>	<b>VALORES DE U (W/M<sup>2</sup> K) DE LOS CERRAMIENTOS CARACTERÍSTICOS DE LA ENVOLVENTE DE LOS ESPACIOS HABITADOS.</b>	<b>18</b>
TABLA 7-1	CONSUMOS ENERGÍA FINAL Y PRIMARIA POR USOS. EDIFICIO ADMINISTRATIVO, B4.....	57
TABLA 7-2	EMISIONES POR USOS. EDIFICIO ADMINISTRATIVO, ZONA CLIMÁTICA B4 .....	58
TABLA 7-3	FACTOR DE PASO DE ENERGÍA ELÉCTRICA FINAL A PRIMARIA SEGÚN ESCENARIOS. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. ZONA CLIMÁTICA B4 .....	58
TABLA 7-4	ENERGÍA FOTOVOLTAICA PRODUCIDA Y ENERGÍA PRIMARIA AHORRADA EN LOS ESCENARIOS CON FV. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. ZONA CLIMÁTICA B4 .....	59
TABLA 8-1	MEJOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA B4 SEGÚN EDIFICIO .....	61
TABLA 8-2	MEJOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA C2 SEGÚN EDIFICIO .....	61
TABLA 8-3	MEJOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA D3 SEGÚN EDIFICIO .....	62
TABLA 8-4	MEJOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA E1 SEGÚN EDIFICIO.....	62
TABLA 8-5	PEOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA B4 SEGÚN EDIFICIO.....	63
TABLA 8-6	PEOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA C2 SEGÚN EDIFICIO.....	64
TABLA 8-7	PEOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA D3 SEGÚN EDIFICIO .....	64
TABLA 8-8	PEOR ESCENARIO PARA LA ZONA CLIMÁTICA E1 SEGÚN EDIFICIO .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1	PROCESO DE CERTIFICACIÓN .....	5
<b>FIGURA 3-2</b>	<b>ETIQUETAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA RESIDENCIAL(A) Y TERCARIO (B).....</b>	<b>6</b>
FIGURA 4-1	COMPONENTES PRINCIPALES DE CALENER GT.....	12
FIGURA 5-1	EDIFICIO ADMINISTRATIVO .....	17
FIGURA 5-2	EDIFICIO CENTRE COMERCIAL .....	17
FIGURA 5-3	EDIFICIO DOCENTE.....	17
FIGURA 5-4	EDIFICIO HOTEL.....	17
FIGURA 5-5	EDIFICIO POLIDEPORTIVO .....	17
FIGURA 5-6	ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN DB-HE4 .....	30
FIGURA 6-1	ESCALA DE CALIFICACIÓN .....	31
FIGURA 6-2	ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. USOS .....	33
FIGURA 6-3	ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. USOS.....	34
FIGURA 6-4	EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. USOS.....	35
FIGURA 6-5	ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	35
FIGURA 6-6	ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. GAS NATURAL Y	

ELECTRICIDAD .....	36
FIGURA 6-7 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO ADMINISTRATIVO. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	36
FIGURA 6-8 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. USOS .....	38
FIGURA 6-9 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. USOS .....	39
FIGURA 6-10 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. USOS .....	40
FIGURA 6-11 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	40
FIGURA 6-12 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	41
FIGURA 6-13 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	41
FIGURA 6-14 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. USOS .....	42
FIGURA 6-15 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. USOS .....	43
FIGURA 6-16 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. USOS .....	43
FIGURA 6-17 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	44
FIGURA 6-18 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	44
FIGURA 6-19 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO DOCENTE. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD ....	45
FIGURA 6-20 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. USOS .....	48
FIGURA 6-21 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. USOS .....	48
FIGURA 6-22 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. USOS .....	49
FIGURA 6-23 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD ...	50
FIGURA 6-24 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	50
FIGURA 6-25 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO HOTEL. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	51
FIGURA 6-26 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. USOS .....	53
FIGURA 6-27 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. USOS .....	54
FIGURA 6-28 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. USOS .....	54
FIGURA 6-29 ENERGÍA FINAL MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	55
FIGURA 6-30 ENERGÍA PRIMARIA MWh/AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	55
FIGURA 6-31 EMISIONES T CO <sub>2</sub> /AÑO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA Y ESCENARIO. EDIFICIO POLIDEPORTIVO. GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD .....	56
FIGURA 8-1 RESUMEN DE LA MEJOR CALIFICACIÓN EN TODOS LOS EDIFICIOS Y ZONAS CLIMÁTICAS .....	60
FIGURA 8-2 RESUMEN DE LA PEOR CALIFICACIÓN EN TODOS LOS EDIFICIOS Y ZONAS CLIMÁTICAS .....	63



# CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.

## 1 Objetivo

El objetivo principal de este estudio es evaluar la calificación energética de diferentes tipologías de edificios del sector terciario en función de la fuente energética utilizada (gas natural o electricidad), zona climática, autoproducción de energía eléctrica mediante fotovoltaica y/o cogeneración y usos (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria). Se pretende evaluar la influencia de estos parámetros en la calificación energética final de los edificios.

## 2 Justificación

El consumo energético, la dependencia de combustibles fósiles y su impacto ambiental es uno de los principales problemas que tiene que afrontar la sociedad actual. El consumo energético en los edificios supone un % importante del consumo global, un 40% en Europa y un 30% en España [EUROSTAT 2003]. Y por tanto, mejorar la eficiencia energética en este sector para disminuir el consumo y, contribuir así al cumplimiento de los compromisos establecidos de disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, es una de las prioridades de la UE. En este sentido se han dictado diferentes directivas entre las que destaca la **Directiva 2002/91/CE**, [Directiva 2002/91/CE 2002], que promueve acciones para mejorar la eficiencia energética de los edificios como la certificación energética de edificios y la revisión de la normativa térmica relacionada con edificios de los estados miembros. España ha revisado la legislación existente para cumplir con la directiva. Se realizará un resumen de la directiva y la normativa española en el apartado 3.2

En este nuevo escenario normativo, es interesante determinar de forma cuantitativa la influencia en la eficiencia energética, y por lo tanto, en la calificación y certificación, de los diferentes tipos de energía utilizados en un edificio así como sus usos y la autoproducción de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica o equipos de cogeneración. En definitiva, lo que se pretende es determinar la influencia de estos parámetros y determinar si son decisivos o no a la hora de obtener una mejor calificación energética.

### 3 Antecedentes

#### 3.1 Normativa a nivel europeo

La **Directiva 2002/91/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 establece un marco común destinado a fomentar la mejora del rendimiento energético de los edificios.

El marco general del que surge esta propuesta viene definido, entre otros, por los siguientes aspectos:

- Aumento de la dependencia energética europea. Se prevé que las fuentes exteriores de suministro aumenten hasta el 70% en el 2030 (en el 2001 era un 50%).
- Voluntad de reducir los gases de efecto invernadero y así cumplir el compromiso adoptado en el protocolo de Kioto.
- La intervención de la UE puede influir principalmente en la demanda, fomentando el ahorro energético en los edificios.

La propuesta hace referencia al sector residencial y al sector terciario (oficinas, edificios públicos, etc.). Algunos edificios están excluidos del ámbito de aplicación de las disposiciones relativas a la certificación como los edificios históricos, los industriales, etc.

La Directiva de eficiencia energética de los edificios establece un nuevo marco normativo que se basa en los siguientes aspectos:

##### 1. La adopción de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.

Aplicación de una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios a escala nacional o regional que se adaptará periódicamente a los avances técnicos. La eficiencia energética se expresará de forma clara incluyendo un indicador de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La metodología incluye las condiciones climáticas exteriores e interiores, las características térmicas del envolvente del edificio y su orientación, sistemas solares pasivos, las instalaciones térmicas (calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria (ACS)), la ventilación mecánica y natural y la iluminación artificial.

También se tiene en cuenta la incidencia positiva de sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energías renovables, así como generación o sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana y la iluminación natural.

##### 2. La aplicación de unos requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios nuevos y los existentes que sean objeto de reformas importantes.

Será obligatorio establecer unos requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios basados en la metodología de cálculo anterior.

Estos requisitos podrán ser diferentes para edificios nuevos y existentes, así como entre diferentes tipologías de edificios, pudiendo quedar excluidos de esta exigencia los edificios y monumentos protegidos, los edificios de viviendas destinados a utilizarse durante menos de cuatro meses al año y los edificios con una superficie inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Además, cuando los edificios nuevos tengan una superficie mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y antes de que

se empiece su construcción se analizará la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como: sistemas descentralizados de producción de energía basados en energías renovables, cogeneración o refrigeración central o urbana y bombas de calor.

Los edificios existentes que tengan una superficie útil total superior a 1.000 m<sup>2</sup>, cuando se realicen reformas importantes, se tendrá que garantizar una mejora de su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos siempre que esto sea técnica, funcional y económicamente viable. Estos requisitos podrán establecerse ya sea en el conjunto del edificio reformado o en los componentes reformados.

### 3. La inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado.

Con el objetivo de reducir el consumo de energía y limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> se establecerá una inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado. Con esto se refuerza la exigencia de la Directiva 93/76/CEE, concretándola y ampliándola a los sistemas de aire acondicionado con una potencia superior a 12 kW.

4. **La certificación energética de los edificios.** El certificado de eficiencia energética de un edificio es un certificado reconocido por el Estado miembro, o por una persona jurídica designada por él, que incluye la eficiencia energética de un edificio calculada según la metodología mencionada anteriormente.

Según la propuesta, los Estados miembros podrán estimular el rendimiento energético vía concesión de créditos fiscales, así como a través de campañas de información y sensibilización.

Debido a la falta de especialistas calificados o acreditados, los Estados miembros disponían de un periodo adicional de tres años para aplicar plenamente las disposiciones relativas a la certificación y a las inspecciones de las instalaciones, siendo la fecha límite enero de 2009.

El certificado es una información técnica objetiva, sobre las características energéticas que aportará mayor transparencia al mercado inmobiliario y fomentará las inversiones en ahorro de energía. La información final para promotores usuarios tendrá que ser clara y sencilla. Menos valores de emisión de CO<sub>2</sub> mediante mejoras de la eficiencia energética, implica menores consumos de energía primaria o de otras formas de energía, con sistemas de transformación menos contaminantes.

El certificado refleja el coeficiente de transmisión global del edificio y también el consumo de energía para calefacción, refrigeración y ACS. Algunos países para favorecer una interpretación sencilla han adoptado una calificación final en forma de estrellas que informa con claridad y sencillez al usuario.

Utilizando diferentes métodos se pueden valorar los efectos que sobre el consumo, tienen determinadas variaciones, suministrando valores que permiten cuantificar una mejora respecto a otra. Son criterios de selección de materiales o elementos, en la fase de diseño que posibilitan una mejora relativa al consumo final de energía del edificio.

#### 3.1.1 Experiencias en Europa

A nivel europeo, Dinamarca, Alemania y el Reino Unido ya disponen de un proceso de certificación energética de edificios obligatorio para todos los edificios de nueva construcción. Para edificios existentes, sólo Dinamarca dispone de un sistema obligatorio, aunque en otros estados miembros disponen de sistemas voluntarios.

Las estadísticas respecto a la calificación energética se centran en edificios residenciales. Así, en Dinamarca, las estadísticas procedentes de una base de datos construida sobre la experiencia de tres años y medio de certificación, en la que se han analizado 160.000 viviendas, muestran que la certificación ha supuesto unos costes de unos 25 millones de euros, y las medidas que de esta forma



se han determinado pueden, potencialmente, ahorrar unos 125 millones de euros. Estas medidas se han traducido, para los consumidores, en una reducción de costes de energía en unos 20 millones de euros anuales. En este caso particular, la certificación conjuntamente con la puesta en marcha de las medidas recomendadas, han proporcionado un rendimiento sobre la inversión de más de un 13%, cifra considerada de gran eficacia en el coste.

En Alemania la certificación energética es del año 1995, año en el que la normativa alemana sobre aislamiento térmico, obligaba a una certificación de eficiencia energética a nivel nacional para el parque de edificios nuevos. Esto dio lugar a una multitud de certificaciones de carácter regional. Actualmente, se ha querido unificar la certificación para todo el territorio. El marco legal del actual certificado de calificación denominado Energiepass ha sido desarrollado por DENA (Agencia de energía alemana). Este formato único para toda Alemania, evalúa la eficiencia energética del edificio a partir del consumo de energía primaria total anual en kWh/m<sup>2</sup>. A partir de 2006 éste es obligatorio para todos los edificios de nueva construcción, independientemente del uso y tendrá una validez de 10 años. [Ferrer, J; Arauzo, I, 2005] . Para edificios del sector terciario no se han encontrado datos representativos sobre la implementación de la certificación energética.

### 3.2 Normativa a nivel estatal

El Ministerio de Vivienda, a través de la Subdirección General de Innovación y Calidad de la Edificación en colaboración con el IDAE y otras unidades del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, han desarrollado los trabajos para determinar los requisitos básicos que tiene que cumplir la metodología de cálculo de la calificación energética, considerando aquellos factores que tienen más influencia en el consumo de energía de los edificios. La complejidad de esta metodología de cálculo lleva a que su aplicación sólo pueda realizarse con fiabilidad mediante procedimientos específicos informáticos que la desarrollen y que se establecen en el Real Decreto de aprobación de la certificación energética de edificios. A pesar de esto, se ha desarrollado una metodología de certificación simplificada para edificios residenciales, pero en la que sólo se puede obtener, como máxima, una calificación de D<sup>1</sup>. Con la finalidad de facilitar la interpretación, por parte de los consumidores, de la certificación energética, se ha aprobado un distintivo común en todo el territorio nacional, garantizando, en todo caso las especificidades que sean necesarias en las diferentes comunidades autónomas.

El Real Decreto que regula el proceso de Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios fue aprobado el 19 de enero de 2007 [RD 47/2007, 2007]. A continuación, se pretende resumir el contenido de este decreto destacando las cuestiones que se consideran básicas. También se recoge la información obtenida por parte del Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla que han sido los encargados de definir la escala de certificación y los desarrolladores de la herramienta informática que se usará para calificar energéticamente los edificios. [Molina, JL, 2005]

#### ¿Quién tiene que tener el certificado de eficiencia energética?

- Se aplicará a todos los edificios de nueva construcción, excluyendo algunos tipos de edificios como por ejemplo las construcciones provisionales, edificios aislados de superficie total inferior a 50 m<sup>2</sup>, naves industriales,... En definitiva, los mismos edificios que tienen que cumplir el requisito de limitación de demanda del documento básico de ahorro de energía del código técnico de la edificación (DB-HE1 del CTE).

#### ¿Qué se entiende por: calificación, certificación energética del proyecto y del edificio acabado y certificado de eficiencia energética del proyecto y del edificio acabado?

- Calificación de eficiencia energética de un edificio: Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética. Siendo, la eficiencia

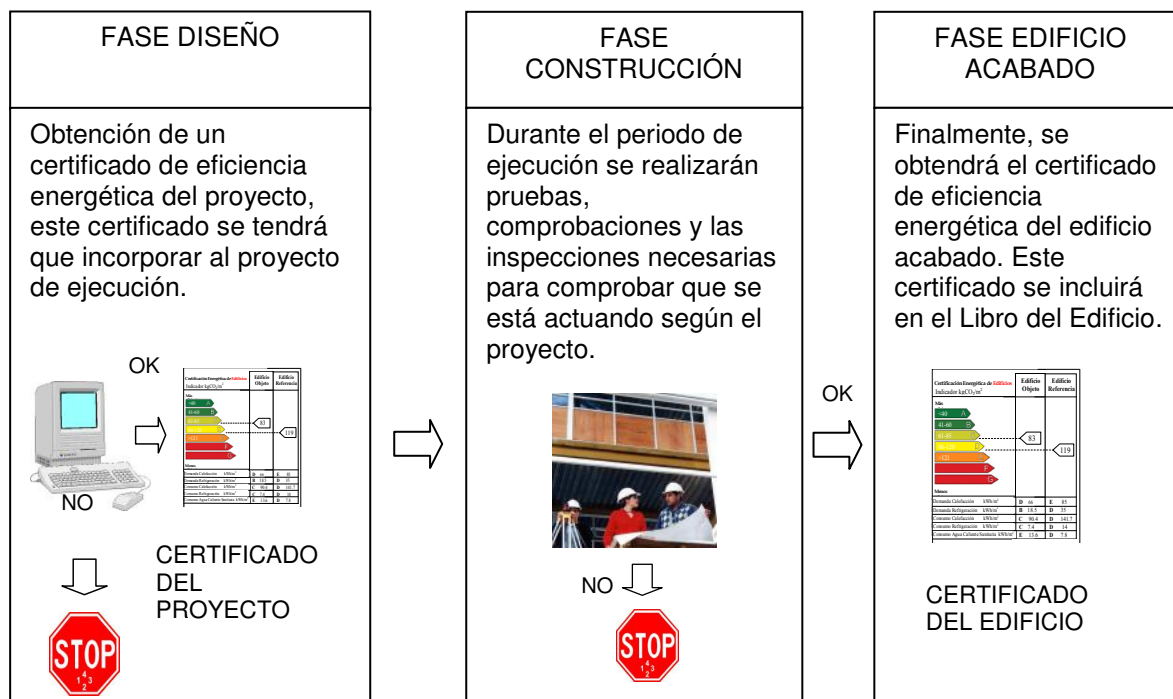
<sup>1</sup> Hay que tener en cuenta que la escala de calificación va de la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente).

energética de un edificio el consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

- Certificación de eficiencia energética de proyecto: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del proyecto.
- Certificación de eficiencia energética del edificio terminado: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto con la del edificio terminado y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio terminado.
- Certificado de eficiencia energética de proyecto: Documentación suscrita por el proyectista como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del proyecto, señalada en la escala de eficiencia energética.
- Certificado de eficiencia energética del edificio terminado: Documentación suscrita por la dirección facultativa de la obra como resultado del proceso de certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del edificio terminado, señalada en la escala de eficiencia energética.

### ¿Qué se tiene que hacer para obtener el certificado de eficiencia energética?

- Para obtener la calificación energética se podrá utilizar el procedimiento simplificado (sólo en el caso de edificios residenciales) o el procedimiento de referencia. Con el procedimiento simplificado la máxima calificación posible será una D. El procedimiento de referencia está basado en el software CALENER VyP (para residencial y pequeño terciario) y CALENER GT (para gran terciario). También se podrá utilizar un procedimiento alternativo, siempre y cuando éste cumpla con las especificaciones que se especifican en este Real Decreto y sea validado por el organismo competente. En cualquier caso, el procedimiento a seguir es el siguiente:



**Figura 3-1** Proceso de certificación

- ### ¿Qué herramientas se podrán utilizar para realizar la certificación energética?

- ¿Se definirá una etiqueta de la certificación energética como la de los electrodomésticos?**

- Certificación Energética de Edificios**

Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

Indicador	Edificio Objeto	Edificio Referencia
<6,3 A		
6,3-11,0 B		
11,0-17,8 C		
17,8-28,0 D	19,1 D	19,7 D
>28,0 E		
F		
G		

**Certificación Energética de Edificios**

Edificio

Objeto

Referencia

Demanda calefacción kWh/m<sup>2</sup>

D 26,4

D 36,0

Demanda refrigeración kWh/m<sup>2</sup>

C 29,1

C 25,1

Emisiones CO<sub>2</sub> calefacción kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

C 8,1

D 11,5

Emisiones CO<sub>2</sub> refrigeración kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

D 9,7

C 6,3

Emisiones CO<sub>2</sub> ACS kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

A 1,3

D 1,9
- (a)
- Certificación Energética de Edificios**

Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

Indicador	Edificio Objeto	Edificio Referencia
<6,3 A		
6,3-11,0 B		
11,0-17,8 C		
17,8-28,0 D	19,1 D	19,7 D
>28,0 E		
F		
G		

**Certificación Energética de Edificios**

Edificio

Objeto

Referencia

Demanda calefacción kWh/m<sup>2</sup>

D 26,4

D 36,0

Demanda refrigeración kWh/m<sup>2</sup>

C 29,1

C 25,1

Emisiones CO<sub>2</sub> calefacción kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

C 8,1

D 11,5

Emisiones CO<sub>2</sub> refrigeración kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

D 9,7

C 6,3

Emisiones CO<sub>2</sub> ACS kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

A 1,3

D 1,9
- (b)

**Figura 3-2** Etiquetas de certificación energética para residencial(a) y terciario (b).

- <sup>2</sup> LIDER. Programa oficial de cálculo par la evaluación del requisito DB-HE1 sobre limitación de demanda energética de edificios. [DB – HE1, 2006]

**Tabla 3-1** Escala de certificación para edificios residenciales

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0.15$
B	$0.15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ y $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ y $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ y $1.50 \leq C2$

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Los índices de calificación de eficiencia energética C1, para edificios de nueva construcción, y C2, para edificios existentes, de las viviendas unifamiliares o en bloque se obtienen respectivamente mediante las fórmulas siguientes:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_r}\right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_o}{I_s}\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

Donde:

$I_o$ : son las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio objeto calculadas de acuerdo con la metodología descrita en el anexo del RD y limitadas a los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

$I_r$ : corresponde al valor medio de emisiones de CO<sub>2</sub> de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2, HE3 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

$R$ : es el ratio entre el valor de  $I_r$  y el valor de emisiones de CO<sub>2</sub> de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10 % de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 HE3 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

$I_s$ : corresponde al valor medio de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, para el parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

$R'$ : es el ratio entre el valor  $I_s$  y el valor de emisiones de CO<sub>2</sub> de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% del parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

Los valores de  $I$ ,  $R$ ,  $I_s$   $R'$  correspondientes a las diferentes capitales de provincia se incluyen

en un documento reconocido<sup>3</sup>. En el mismo documento se describe el procedimiento para obtenerlos en localidades que no sean capitales de provincia. Estos valores son independientes del procedimiento utilizado para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Para terciario, La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). El índice de calificación de eficiencia energética C de este tipo de edificios es el cociente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio a certificar y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia. Este índice expresará, en tanto por uno, la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas del edificio a certificar, necesarias para satisfacer las demandas asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia.

**Tabla 3-2** Escala de certificación para edificios no residenciales

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

- En cualquier caso, esta etiqueta la tendrán que exhibir todos los edificios públicos de superficie superior a 1000 m<sup>2</sup> y que sean visitados por un número elevado de personas. El resto de edificios podrán exhibir la etiqueta de forma voluntaria.

### ¿El Certificado de Eficiencia energética será obligatorio o voluntario? ¿A partir de cuándo?

- Según el Real Decreto de Certificación Energética de Edificios, publicado el 31 de enero de 2007, el certificado era voluntario en los 6 primeros meses después de la entrada en vigor del decreto (tres meses después de la publicación en el BOE (30 de Abril de 2007) y obligatorio después de esta fecha, es decir, a partir del 31 de Octubre de 2007. Los edificios que estén en construcción o los proyectos que tengan solicitada la licencia de obras en la entrada en vigor del Real Decreto estarán exentos de la aplicación del mismo.
- A pesar de esto, la directiva dice que la certificación es obligatoria a partir del 6 de enero de 2006, pero que debido a la falta de especialistas calificados o acreditados, los Estados miembros podrán disponer de un periodo adicional de tres años para aplicar plenamente las disposiciones relativas a la certificación y a la inspecciones de las instalaciones. En el Real Decreto no se hace referencia a la posibilidad de acogerse a este periodo adicional.

<sup>3</sup> Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción: documento que muestra las líneas principales del proceso de elaboración de la escala de calificación energética de los edificios. (Disponible en <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>)

### ¿Cuánto dura este certificado? ¿Hay que renovarlo y actualizarlo? ¿Cómo?

- El certificado tiene una validez de 10 años. Pasado este tiempo, el edificio se considera edificio existente, y tendrá que seguir la normativa de certificación energética que se defina para este tipo de edificios.
- Las comunidades autónomas decidirán el procedimiento para la renovación de la certificación.
- El propietario del edificio es el responsable de su renovación.

## 3.3 Experiencias en España.

Las experiencias de certificación en España hasta el momento se reducen a acciones puntuales de alguna comunidad autónoma o alguna ciudad. A partir de la entrada en vigor del Real Decreto de Certificación estas metodologías de certificación han de ser revisadas y adaptadas para cumplir con los requerimientos especificados en la normativa.

### 3.3.1 País Vasco

En el País Vasco la certificación energética de edificios es optativa desde 1993. En este periodo se han certificado de forma provisional, sobre proyecto, 15.500 viviendas. Se han certificado de forma definitiva, construidas, 4.300 viviendas. Se han certificado de forma definitiva 3 edificios de oficinas, 12 hoteles de nueva planta y un centro educativo.

El 60 % de las viviendas certificadas corresponden a viviendas de promoción pública, tanto de VIESA como del Departamento de Vivienda del Gobierno Vasco. Con esta metodología de calificación, se evalúa el coeficiente de consumo, que se entiende como el cociente entre el consumo del edificio estudiado y el consumo del edificio de referencia. La metodología y certificación ha sido elaborada por el EVE, Ente Vasco de la Energía.

Este cociente de consumo medio ha pasado del 74,2 % en el periodo 1996 – 1999 al 69,7 % en el 2000 – 2003. En el 2004 es del 64,6% y en el 2005 está en el 60,3%. [EVE, 2005]

### 3.3.2 Sevilla

El Ayuntamiento de Sevilla ha incluido en la Ordenanza para la gestión local de la energía de Sevilla, un capítulo, sobre Calificación y certificación energética de edificios e instalaciones.

La calificación energética no se expresa con una letra como es el caso de la certificación del País Vasco y la del Decreto de Certificación energética a nivel estatal. En este caso, el proyecto definitivo de construcción tiene que ser como mínimo de 7 puntos, en una escala de 0 a 10 puntos. La metodología para determinar la calificación energética de los edificios se determina en el anexo 1 de la ordenanza. Esta metodología se lleva a cabo mediante el procedimiento CEV, desarrollado mediante acuerdo de colaboración por la Dirección General de Vivienda, Arquitectura y Urbanismo del Ministerio e IDAE del Ministerio de Ciencia y Tecnología, con la asistencia técnica del Grupo de Termotecnia del Departamento de Ingeniería y Fluidodinámica de la Escuela Superior de ingenieros de la Universidad de Sevilla.

Esta ordenanza está en vigor desde junio de 2002, pero no se han evaluado los resultados obtenidos.

### 3.3.3 Barcelona.

La Agencia Local de Energía de Barcelona, junto con otras entidades públicas y privadas participaron en el Proyecto Europeo CEPEC (ALTENER Z/02-072/2002) - Comprehensive Energy Planning in European Cities -, que fue aprobado por el Programa Europeo ALTENER de la DG TREN de la Comisión Europea, en la convocatoria del 2002. [Ivancic, A; Salom, J, 2005]

El proyecto se ha presentado como un conjunto de acciones que se ejecutarán en Barcelona así como en las ciudades de Berlín y Malmö. Está compuesto por 5 tareas, una de las cuales corresponde a la definición de una metodología de certificación energética de edificios. El proyecto finalizó a finales del 2005. Para la validación de esta metodología se evaluaron múltiples edificios reales, pero no existe una relación de edificios certificados con esta metodología porque no ha sido aplicada de forma masiva por ninguna administración oficial, sólo a nivel privado.



## 4 Estado del arte

### 4.1 Herramientas de certificación energética de edificios

En cuanto a la certificación energética de edificios terciarios, la legislación estatal propone una metodología de certificación basada en el software CALENER VyP para pequeño terciario y CALENER GT para gran terciario. Los dos programas han sido desarrollados por el Ministerio de Vivienda y por el IDAE, que encargó su elaboración al grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía, AICIA, con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETCC.

#### 4.1.1 CALENER VyP

CALENER\_VYP (vivienda y pequeño terciario) es la herramienta oficial de cálculo, para la certificación energética de edificaciones. Esta herramienta está basada en LIDER más un motor de cálculo llamado: *ESTO2 – Edificios*, (Entorno de Simulación Térmica Orientado a Objetos) el cual realiza los cálculos de simulación de los procesos térmicos de los sistemas de climatización (refrigeración, calefacción y ventilación) y agua caliente sanitaria en los edificios.

Este programa es de aplicación en edificios de nueva construcción, y en edificios de reforma o rehabilitación con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup>, para la tipología edificatoria de viviendas, pequeños y medianos terciario, quedan excluidos edificios de construcción provisional y edificaciones no mayores a 50 m<sup>2</sup>.

La aplicación informática se utiliza para obtener la calificación energética de un edificio en concreto, denominado edificio objeto, mediante la evaluación del consumo de las instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración (consumo de energía final), el resultado de esta evaluación es comparado con el consumo de un edificio de referencia.

La referencia respeta la libertad del proyectista para elegir la geometría, esto se refiere al diseño arquitectónico de la edificación y la libertad para seleccionar los sistemas que se consideren adecuados para la funcionalidad del edificio.

La calificación valora la calidad de la epidermis y la calidad de los equipos que conforman los sistemas, no valora las ventajas de un sistema con respecto a otro, las restricciones de la epidermis y de los sistemas térmicos, son condicionantes previos a la calificación.

El Real Decreto 47/2007 de 19 de enero de 2007, que define el procedimiento para la calificación y certificación energética de edificios, establece como condicionante previo que el edificio objeto cumpla con las restricciones dispuestas por las normativas vigentes tanto para la epidermis, como para los sistemas térmicos.

El código técnico de la edificación (CTE) establece el marco normativo de las exigencias básicas que deben cumplir los edificios para seguridad estructural, para seguridad en caso de incendio, para seguridad de utilización, para higiene, salud y protección del medio ambiente y para ahorro de energía.

Dentro del Documento Básico HE Ahorro de Energía se establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir con las exigencias básicas de ahorro de energía en las edificaciones.

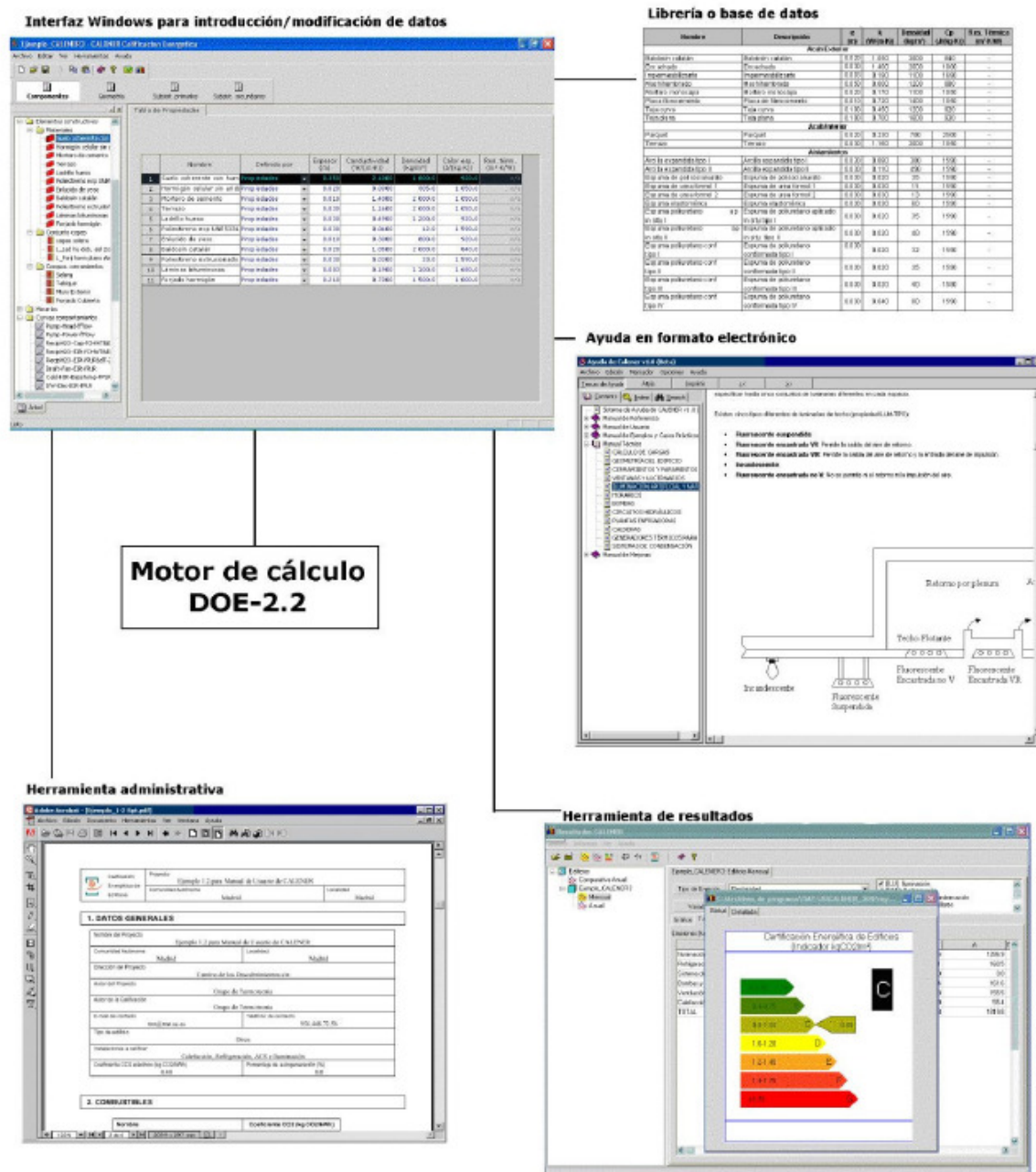
El documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros y objetivos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimo de calidad propio de los requisitos básicos de ahorro de energía. [DB – HE, 2006]



#### 4.1.2 CALENER GT

CALENER es un entorno de aplicaciones y documentos informáticos destinado a la Calificación Energética de edificios. La versión GT de CALENER realiza la calificación de “Grandes edificios Terciarios”. Por tanto, nunca debe utilizarse esta versión para la calificación de ningún tipo de viviendas. Para decidir que edificios del sector no-residencial o terciario son grandes y cuáles pequeños y medianos debe basarse fundamentalmente en los tipos de sistemas (alcance) de los programas CALENER-VYP y CALENER-GT, por tanto se recomienda el uso de CALENERGT en aquellas situaciones en las que, debido al tipo de sistema que tiene el edificio, no pueda usarse CALENER-VYP o cualquier otra versión que se desarrolle en el futuro.

En la siguiente figura se indican los componentes principales de CALENER GT



## 4.2 Proceso de certificación energética de edificios

Actualmente, a pesar de que el Real Decreto de Certificación ya está en vigor, desde el pasado 31 de octubre de 2007, todavía hay muchos vacíos legales/administrativos sobre el proceso de certificación.

En la siguiente tabla se indican todos los pasos a seguir para certificar un edificio, así como dónde hay que hacer cada uno de ellos y quién es el responsable de llevarlo a cabo.

**Tabla 4-1** Proceso de certificación energética de edificios.

	Acción	Responsable	Dónde
1	Realizar Calificación energética del edificio (CALENER)	Arquitecto / Ingeniero	
2	Visar Proyecto HE-1	Arquitecto / Ingeniero	Colegio facultativo
3	Realizar Registro de Certificación Energética	Arquitecto / Ingeniero	Organismo competente de la CCAA. En el caso de Cataluña y País Vasco: Icaen / EVE
4	Calificación energética de proyecto	Organismo competente de la CCAA	Organismo competente de la CCAA. En el caso de Cataluña y País Vasco: Icaen / EVE
5	Entrega documentación:  Proyecto ejecutivo + Proyecto certificación energética + Hoja firmada de registro de certificación energética + Documento oficial de calificación energética	Promotor / arquitecto	Ayuntamiento
6	Inspecciones	Organismo competente de la CCAA (Administración pública o entidades privadas cualificadas)	
7	Calificación Energética edificio final	Organismo competente de la CCAA	Organismo competente de la CCAA

En el caso de Cataluña, para realizar el registro de certificación energética y obtener así la certificación energética del proyecto hay que seguir los siguientes pasos:

1. Rellenar el modelo de Certificado de Eficiencia Energética de Edificios generado por el programa informático.
2. Validar la solicitud y obtener el número de "Registro de Certificación Energética".
3. Imprimir la solicitud, que constará finalmente de entre tres y cuatro páginas, según el caso, generadas automáticamente.
  - a. La primera de las páginas corresponde a la solicitud de inscripción en el registro y los otros conformarán el Certificado de Eficiencia Energética del Proyecto.
  - b. El programa informático está preparado para imprimir dos copias directamente, una de las cuales se presentará al ICAEN y la otra formará parte del proyecto ejecutivo del edificio.
4. Firmar la solicitud de inscripción al registro. Ésta la deberá firmar el promotor o el propietario del edificio y hará falta que el/los técnico/s responsable/s de la certificación energética del

proyecto firmen la parte correspondiente. Incorporará también el/los visados del/los colegio/s profesional/es.

5. Presentar la solicitud de inscripción en el Registro de Certificados de Eficiencia Energética acompañada de la documentación adicional que se pida en el Institut Català d'Energia o en cualquiera de las oficinas de registro de entrada y salida de documentos de la Generalitat de Catalunya.
6. En un término máximo de 30 días hábiles desde la entrada al registro de las solicitudes, el promotor recibirá por correo electrónico y en formato PDF la etiqueta de Calificación Energética del edificio en fase de proyecto. Durante este periodo el órgano competente puede requerir toda aquella información complementaria que crea oportuna con tal de verificar la calificación energética presentada en la solicitud.

En las otras comunidades autónomas, los organismos competentes deberán desarrollar un proceso similar. En el anejo I se incluye la tabla de los organismos competentes de cada una de las comunidades autónomas

### 4.3 Opción simplificada para la calificación energética de edificios residenciales

Según el RD 47/2007, la certificación energética para edificios residenciales se puede obtener mediante:

- Opción general. Mediante programa Calener VyP o programa alternativo
- Opción simplificada. Los edificios que obtengan la calificación mediante esta opción deberán cumplir estrictamente los siguientes requisitos del documento básico “Ahorro de energía” del CTE:
  - HE-1. Limitación demanda energética.
  - HE-2. Rendimiento instalaciones térmicas.
  - HE-4. % Energía solar para ACS.

Sólo podrán acogerse a la opción simplificada los edificios residenciales y sólo podrán obtener una calificación energética de D o E.

El objetivo de esta opción simplificada para los edificios de viviendas es proporcionar la calificación de eficiencia energética de los mismos de una manera indirecta, a través de un conjunto de soluciones técnicas, que son coherentes con la verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos de la Directiva 2002/91/CE.

#### 4.3.1 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación es el mismo que el del requisito 1 sobre “Limitación de demanda” del Documento Básico de Ahorro de energía del CTE (DB – HE1). Es decir,

- para las 12 zonas climáticas, según CTE-HE-1.
- el porcentaje de superficie de huecos ha de ser inferior al 60% de la superficie de fachada y el de lucernarios, inferior al 5% de superficie de cubierta. Se permite que el porcentaje en huecos sea superior al 60% siempre y cuando la superficie de la fachada en cuestión no supere el 10% de la superficie total de fachada del edificio.
- quedan excluidos los edificios con soluciones constructivas no convencionales.

#### 4.3.2 Soluciones técnicas

Se entiende por solución técnica un conjunto determinado de parámetros característicos que definen el comportamiento energético de un edificio y sus instalaciones, que cumple estrictamente con los requisitos mínimos HE1, HE2 y HE4.

Las soluciones técnicas se presentan en forma de un conjunto de tablas, según las distintas zonas climáticas, que contienen una serie de opciones. Cada opción constituye una solución técnica que incluye un conjunto alternativo de combinaciones posibles de los siguientes parámetros característicos:

- a) Compacidad c,
- b) Rendimiento del equipo generador de calefacción expresado por su Clase Energética:
- c) Tipo de combustible de la instalación de calefacción, distinguiendo entre:
- d) Rendimiento del equipo generador de refrigeración, expresado por su Clase Energética, con el sistema de letras según el Real Decreto 142/2003.
- e) Rendimiento del equipo generador de agua caliente sanitaria, expresado por su Clase Energética, con el sistema de estrellas según el Real Decreto 275/1995.

El cumplimiento de cualquiera de las combinaciones de las diferentes opciones, dadas por columnas, permite la asignación al edificio de la clase de eficiencia D. En caso de que los parámetros característicos del edificio no permitan su inclusión en alguna de las opciones propuestas, el edificio obtendrá la clase de eficiencia E. Del mismo modo, cuando alguna de estos parámetros quede reflejado en cualquiera de las tablas mediante un símbolo “-“, el edificio obtendrá la clase de eficiencia E. A continuación se presenta, como ejemplo, una de las soluciones técnicas para viviendas unifamiliares en las zonas climáticas A3, A4, B4, C3 y C4. El resto de tablas se pueden consultar en el documento reconocido: “Opción Simplificada para la Calificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas” [Mityc, 2007]

## 5 Metodología

La evaluación de la certificación energética de los edificios estudiados se realizará mediante el procedimiento oficial para edificios del sector terciario, CALENER GT.

CALENER GT, evalúa, para edificios terciarios, los sistemas de calefacción, refrigeración, Agua Caliente Sanitaria (ACS) e iluminación.

### 5.1 Definición edificios

Los edificios evaluados cumplen con los siguientes requisitos:

**Tabla 5-1 Tipologías de edificios**

	Tipologías de edificios
1	Edificio administrativo
2	Centro comercial
3	Centro docente
4	Hotel
5	Centro polideportivo

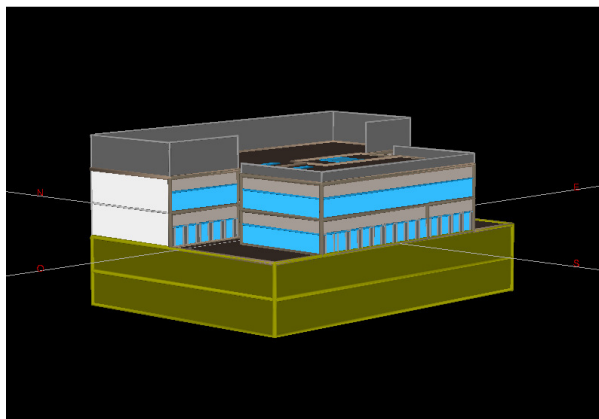
Cada edificio se evalúa según una serie de escenarios en función de las fuentes de energía utilizadas (gas natural y electricidad) para cada uso (calefacción, refrigeración, ACS e iluminación) y de si existe o no autoproducción de energía mediante energía solar fotovoltaica y/o cogeneración. Además, cada escenario se evalúa para cada zona climática.

Las zonas climáticas son representativas del territorio español y se han definido según el nuevo CTE en función de la severidad climática de invierno y de verano. Sólo se han considerado las zonas climáticas remarcadas en la Tabla 5-2. De esta manera están representadas todas las severidades climáticas de invierno y se limita el número de simulaciones.

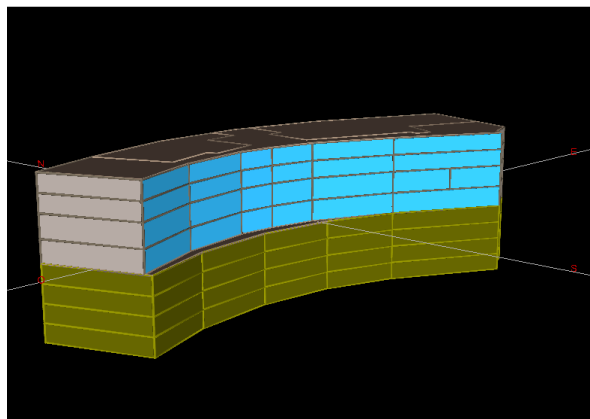
**Tabla 5-2 Zonas climáticas**

SC (invierno)	SV (verano)			
	A4 (Almería)	A3 (Cádiz)		
	B4 (Sevilla)	B3 (Valencia)		
	C4 (Toledo)	C3 (Granada)	C2 (Barcelona)	C1 (Bilbao)
		D3 (Madrid)	D2 (Zamora)	D1 (Vitoria)
				E1 (Burgos)

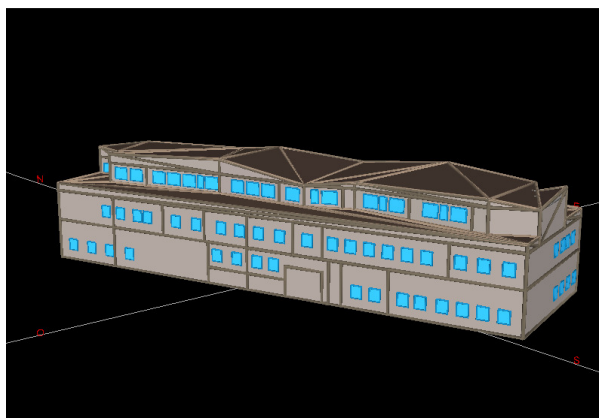
A continuació se presenta una imatge de cada edifici obtinguda amb el programa LIDER. Com ja se ha explicat anteriorment, LIDER és el programa oficial de càlcul per a l'avaluació del requisit DB-HE1 sobre limitació de demanda [DB – HE1, 2006]. La introducció del edifici en LIDER per a avaluar la demanda energètica del edifici i comprovar si compleix amb aquest requisit per a cada una de les zones climàtiques avaluades és el pas previ i necessari abans de passar a la qualificació energètica dels mateixos.



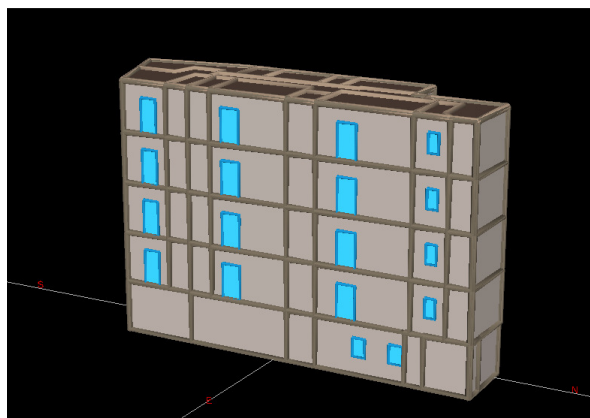
**Figura 5-1** Edificio administrativo



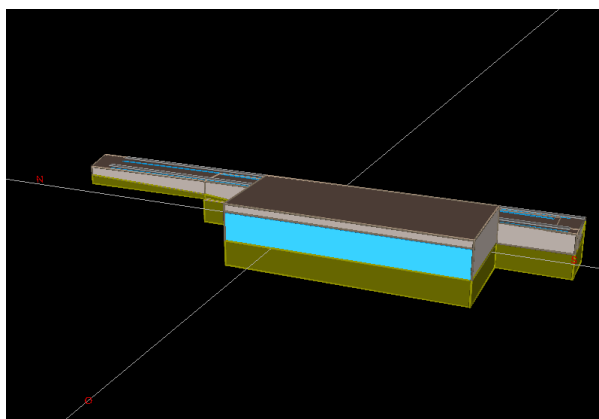
**Figura 5-2** Edificio centre comercial



**Figura 5-3** Edificio docente



**Figura 5-4** Edificio hotel



**Figura 5-5** Edificio polideportivo

Una vez escogidos los edificios y las zonas climáticas a evaluar, hay que seleccionar la composición de los cerramientos de los edificios. Esta composición deberá ser tal que, para cada zona climática, cumpla con los límites establecidos por la normativa vigente. La composición de los cerramientos siempre es la misma, sólo cambia el espesor del aislante hasta llegar al valor de transmitancia térmica ( $U$ ) requerido. Como criterio general se ha considerado que el valor de  $U$  ( $W/m^2K$ ) de los cerramientos era un 20% menor que el valor de  $U$  límite establecido por la norma.

En la siguiente tabla se hace un resumen de las  $U$  de los cerramientos que componen la envolvente del edificio, de los espacios habitables. También se indican las  $U$  límites establecidas por la normativa en función de la zona climática.

**Tabla5-3 Valores de  $U$  ( $W/m^2 K$ ) de los cerramientos característicos de la envolvente de los espacios habitados.**

Cerramiento	Zona climática							
	B4		C2		D3		E1	
	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite	Valor	Valor límite
Muro exterior $U$ ( $W/m^2K$ )	0.66	0.84	0.57	0.73	0.53	0.66	0.47	0.57
Forjado exterior $U$ ( $W/m^2K$ )	0.36	0.45	0.33	0.41	0.30	0.38	0.28	0.35
Cerramiento interior <sup>4</sup> $U$ ( $W/m^2K$ )	0.85	1.07	0.77	0.95	0.65	0.86	0.60	0.74
Suelo $U$ ( $W/m^2K$ )	0.42	0.52	0.40	0.50	0.40	0.49	0.38	0.48

La  $U$  y el factor solar de los huecos dependen del porcentaje de huecos y de la orientación.

<sup>4</sup> En contacto con espacio no acondicionado.

## 5.2 Definición escenarios

En este punto se realizará una descripción de los diferentes escenarios a analizar en el transcurso del proyecto haciendo especial hincapié en los sistemas de climatización planteados para cada uno de los edificios y las simplificaciones aplicadas (dichas simplificaciones han tenido en cuenta la realidad edificatoria y el uso para cada uno de los edificios).

También se hace una descripción de los criterios utilizados para la consideración de las energías renovables mediante energía solar fotovoltaica.

En general en todos los edificios se han definido a nivel de climatización tres escenarios genéricos y estos son:

- Todo Gas Natural
- Mixto eléctrico y gas natural
- Todo eléctrico. En este escenario se considera que tanto la calefacción, como agua caliente sanitaria.

A continuación se describen las características de cada uno de los sistemas:

### 5.2.1 Escenario Gas Natural – Gas Natural

En general, el sistema es de tipo centralizado y realiza la distribución mediante uno o varios circuitos (en función del edificio) del tipo 2 tubos. La regulación del circuito se realiza mediante cambio de temperatura estacional que está fijada en 15 °C.

La generación de calor se realiza mediante una caldera de condensación de rendimiento 0,95. La potencia de la caldera garantiza las puntas de demanda generadas.

La generación de frío se realiza mediante una máquina de absorción de simple efecto y tiene las siguientes características:

- COP = 0,63
- El circuito de agua caliente de entrada de la máquina de absorción viene subministrado por una caldera de gas natural.
- La condensación se realiza mediante una torre de refrigeración en circuito abierto con EER eléctrico de 220.

#### 5.2.1.1 Escenario Gas Natural – Gas Natural con sistema de cogeneración

El escenario Gas Natural – Gas Natural con cogeneración es un sistema a 4 tubos, es decir a cada fancoil le llega un circuito de agua caliente y uno de agua fría. Esta modificación ha sido introducido para poder asignar los parámetros de recuperación del calor del sistema de cogeneración a los circuitos de agua caliente (para la máquina de absorción y el circuito de calefacción) en Calener GT.

### 5.2.2 Sistema mixto: Gas Natural – Eléctrico

El sistema es de tipo centralizado y realiza la distribución mediante uno o varios circuitos (en función del edificio) del tipo 2 tubos. La regulación del circuito se realiza mediante cambio de temperatura estacional que está fijada en 15 °C.

La generación de calor se realiza mediante una caldera de condensación de rendimiento 0,95. La potencia de la caldera garantiza las puntas de demanda generadas.



La generación de frío se realiza mediante una enfriadora del tipo Roof-Top de compresión condensadas por aire. El COP de la máquina se ha considerado de 2,8. La potencia de la enfriadora garantiza las puntas de demanda generadas.

La distribución a los recintos es a través de unidades fancoils que situadas en cada ambiente a acondicionar, les llega agua. En los fancoils el aire es tratado e impulsado por ventilador a través de un filtro. De esta manera cuando el aire se enfría al ambiente transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.

### 5.2.3 Escenario: todo eléctrico

El escenario todo eléctrico tiene como sistema de climatización un sistema del tipo Multi –Split de expansión directa que suministra calor y frío a los recintos.

Los sistemas VRV son equipos compuestos por unidades autónomas partidas, condensadas por aire constituidas por unos condensadores remotos (compresor + condensador) exterior y varias evaporadoras interiores.

Cada unidad exterior se conecta a varias interiores y la suma de las capacidades tiene que coincidir con el exterior. El compresor de la unidad exterior modula su potencia según las exigencias interiores y cada unidad interior puede controlarse de manera independiente.

En particular se han considerado equipos de volumen de refrigerante variable (VRV) pudiéndose considerar una evolución mejorada de los equipos Multi-Split.

El sistema propuesto tiene una unidad condensadora conectada a varias unidades evaporadoras interiores en régimen de funcionamiento de refrigeración y permutan su comportamiento en el régimen de calefacción pues son bombas de calor.

- Sistema: multizona expansión directa
- Equipo: unidad exterior autónomo aire-aire
- Unidad Terminal en expansión directa

El sistema introducido al software tiene las siguientes características:

El valor del COP es fijo, se ha tomado un valor promedio al de los equipos existentes en el mercado. El valor es de 2,8. El sistema es capaz de cubrir toda la demanda de calefacción y de frío que se requiere. La potencia del equipo es exactamente la potencia punta requerida.

El sistema es capaz de cubrir toda la demanda de calefacción y de frío que se requiere. La potencia del equipo es exactamente la potencia punta requerida.

### 5.2.4 Sistemas de climatización- edificios

En este apartado se describen las diferentes simplificaciones que se han aplicado a cada uno de los edificios y cuál ha sido la causa que la ha motivado.

#### 5.2.4.1 Sistemas de climatización edificio administrativo

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado consumo de ACS.

**Justificación:** Los edificios administrativos no acostumbran a tener consumo de agua caliente sanitaria.

## Potencias de los equipos de generación:

### Escenario GN/GN

En el escenario GN/GN el equipo de refrigeración es una máquina de absorción. El circuito de agua caliente de la máquina de absorción está suministrado por la caldera convencional.

La potencia de calefacción se ha sobredimensionado un 20% respecto a las necesidades térmicas del invierno para garantizar la potencia de refrigeración.

Los sistemas de absorción disponen de un volumen de acumulación (no introducido en el Calener GT debido a las limitaciones del software) que garantiza el flujo de agua caliente a 90°C que necesita la máquina de absorción para generar la potencia de frío.

**Tabla 5-1 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio administrativo. Escenario GN/GN**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	176 kW	259 kW
Barcelona – C2	181 kW	226 kW
Madrid – D3	223 kW	219 kW
Burgos – E1	230 kW	169 kW

### - Cogeneración

La potencia de cogeneración se ha determinado teniendo en cuenta el uso del edificio, la carga térmica continua a largo del año (con el objetivo de mantener el REE) y considerando un funcionamiento de 5000 horas/año. El edificio administrativo se ha dimensionado según la carga de calefacción en invierno y las necesidades de frío en verano. Teniendo en cuenta estas premisas la potencia de cogeneración es:

**Tabla 5-2 Potencia de cogeneración. Edificio administrativo. Escenario GN/GN**

	Potencia de cogeneración
Sevilla - B4	100 kW
Barcelona – C2	100 kW
Madrid – D3	100 kW
Burgos – E1	100 kW

### - Tipo de circuito:

El edificio administrativo dispondrá de un circuito a dos tubos con regulación por cambio de temperatura estacional. El escenario de cogeneración es un circuito a cuatro tubos.

### Escenario GN/EL

La potencia de calefacción se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica requerida en invierno. La potencia de refrigeración se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de verano. Para cada zona climática la potencia es de:

**Tabla 5-3 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio administrativo. Escenario GN/EL**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	147 kW	259 kW
Barcelona – C2	151 kW	226 kW
Madrid – D3	186 kW	219 kW
Burgos – E1	192 kW	169 kW

### 5.2.4.2 Sistemas de climatización centro comercial

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado consumo de ACS.

**Justificación:** Los centros comerciales a priori no tienen asignadas las diferentes actividades comerciales que se desarrollaran en su interior. Además la mayoría de comercios no requieren de agua caliente sanitaria (y en caso de que la necesiten, por ejemplo un bar, es a posteriori que se hace la previsión y proyecto para proporcionar este servicio).

#### Potencias de los equipos de generación

##### Escenario GN/GN

En el escenario GN/GN el equipo de refrigeración es una máquina de absorción. El circuito de agua caliente de la máquina de absorción está suministrado por la caldera convencional.

La potencia de calefacción se ha sobredimensionado un 20% respecto a las necesidades térmicas del invierno para garantizar la potencia de refrigeración.

Los sistemas de absorción disponen de un volumen de acumulación (no introducido en el Calener GT debido a las limitaciones del software) que garantiza el flujo de agua caliente a 90°C que necesita la máquina de absorción para generar la potencia de frío

**Tabla 5-4 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio centro comercial. Escenario GN/GN**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	605 kW	855 kW
Barcelona – C2	623 kW	799 kW
Madrid – D3	729 kW	664 kW
Burgos – E1	742 kW	473 kW

#### - Cogeneración

La potencia de cogeneración se ha determinado teniendo en cuenta el uso del edificio, la carga térmica continua al largo del año (con el objetivo de mantener el REE) y considerando un funcionamiento de 5000 horas/año. En el centro comercial se ha dimensionado según la carga de calefacción en invierno y las necesidades de frío en verano. Teniendo en cuenta estas premisas la potencia de cogeneración es:

**Tabla 5-5 Potencia de cogeneración. Edificio centro comercial. Escenario GN/GN**

	Potencia de cogeneración
Sevilla - B4	500 kW
Barcelona – C2	500 kW
Madrid – D3	500 kW
Burgos – E1	500 kW

#### - Tipo de circuito

El centro comercial dispondrá de un circuito a dos tubos con regulación por cambio de temperatura estacional. El escenario de cogeneración es un circuito a cuatro tubos.

##### Escenario GN/EL

La potencia de calefacción se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica requerida en invierno. La potencia de refrigeración se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de verano requerida para el edificio. Para cada zona climática la potencia es de:

**Tabla 5-6 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio centro comercial. Escenario GN/EL**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	505 kW	855 kW
Barcelona – C2	519 kW	799 kW
Madrid – D3	608 kW	664 kW
Burgos – E1	618 kW	473 kW

#### 5.2.4.3 Sistemas de climatización edificio docente

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado consumo de ACS.

**Justificación:** CALENER considera que los edificios docentes no tienen demanda de ACS.

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado consumo de refrigeración.

**Justificación:** La actividad docente tiene un marco carácter estacional caracterizado por la no actividad durante los meses de verano (meses de demanda de refrigeración). Por este motivo los edificios docentes no acostumbran a tener instalación de refrigeración.

**Simplificación adoptada:** No se ha analizado el escenario todo eléctrico.

**Justificación:** El no tener consumo ni equipos de refrigeración hace que no tenga sentido poner bombas de calor para proporcionar únicamente calefacción en invierno. Es decir, las bombas de calor tienen sentido cuando con un mismo equipo satisfacen la demanda de calor y la demanda de frío. Descartadas las bombas de calor para dar calor, el otro sistema eléctrico susceptible de instalar son resistencias eléctricas. Las resistencias eléctricas no son un sistema representativo de la realidad pues es un sistema que no se aplica en colegios.

#### Potencias de los equipos de generación:

La potencia de calefacción se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de invierno.

**Tabla 5-7 Potencia de calefacción por zona climática. Edificio docente. Escenario GN/GN**

	Potencia calefacción
Sevilla - B4	192 kW
Barcelona – C2	198 kW
Madrid – D3	235 kW
Burgos – E1	241 kW

#### - Tipo de circuito

El edificio docente dispone únicamente de un circuito de agua caliente.

#### 5.2.4.4 Sistemas de climatización hotel

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado consumo de ACS eléctrico.

**Justificación:** Los hoteles se caracterizan por tener un consumo de Agua Caliente Sanitaria muy elevados por este motivo los sistemas de agua caliente sanitaria no son eléctricos pues su consumo elevaría de manera considerable la factura energética.

#### Potencias de los equipos de generación:

#### Escenario GN/GN

En el escenario GN/GN el equipo de refrigeración es una máquina de absorción. El circuito de agua caliente de la máquina de absorción está suministrado por la caldera convencional.

La potencia de calefacción se ha sobredimensionado un 20% respecto a las necesidades térmicas del invierno para garantizar la potencia de refrigeración.

Los sistemas de absorción disponen de un volumen de acumulación (no introducido en el Calener GT debido a las limitaciones del software) que garantiza el flujo de agua caliente a 90°C que necesita la máquina de absorción para generar la potencia de frío

**Tabla 5-8 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio hotel. Escenario GN/GN**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	105 kW	84 kW
Barcelona – C2	107 kW	64 kW
Madrid – D3	135 kW	68 kW
Burgos – E1	140 kW	45 kW

#### - Cogeneración

La potencia de cogeneración se ha determinado teniendo en cuenta el uso del edificio, la carga térmica continua al largo del año (con el objetivo de mantener el REE) y considerando un funcionamiento de 5000 horas/año. El hotel se ha dimensionado según la carga térmica de ACS. Teniendo en cuenta estas premisas la potencia de cogeneración es:

**Tabla 5-9 Potencia de cogeneración. Edificio hotel. Escenario GN/GN**

	Potencia de cogeneración
Sevilla - B4	24 kW
Barcelona – C2	24 kW
Madrid – D3	24 kW
Burgos – E1	24 kW

#### - Tipo de circuito

El hotel dispondrá de un circuito a dos tubos con regulación por cambio de temperatura estacional. El escenario de cogeneración es un circuito a cuatro tubos.

#### Escenario GN/EL

La potencia de calefacción se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica requerida de invierno. La potencia de refrigeración se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de verano. Para cada zona climática la potencia es de:

**Tabla 5-10 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio hotel. Escenario GN/EL**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	88 kW	84 kW
Barcelona – C2	89 kW	64 kW
Madrid – D3	112 kW	68 kW
Burgos – E1	117 kW	45 kW

### 5.2.4.5 Sistemas de climatización edificio polideportivo

**Simplificación adoptada:** No se ha considerado el escenario ACS eléctrico.

**Justificación:** Los polideportivos se caracterizan por tener un consumo de Agua Caliente Sanitaria muy elevado y más aun cuando además cuentan con piscina. Por este motivo los sistemas de agua caliente sanitaria no se proporcionan mediante energía eléctrica pues su consumo elevaría de manera considerable la factura energética.

## Potencias de los equipos de generación:

### Escenari GN/GN

En el escenario GN/GN el equipo de refrigeración es una máquina de absorción. El circuito de agua caliente de la máquina de absorción está suministrado por la caldera convencional.

La potencia de calefacción se ha sobredimensionado un 20% respecto a las necesidades térmicas del invierno para garantizar la potencia de refrigeración.

Los sistemas de absorción disponen de un volumen de acumulación (no introducido en el Calener GT debido a las limitaciones del software) que garantiza el flujo de agua caliente a 90°C que necesita la máquina de absorción para generar la potencia de frío

**Tabla 5-11 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio polideportivo. Escenario GN/GN**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	303 kW	220 kW
Barcelona – C2	337 kW	208 kW
Madrid – D3	389 kW	166 kW
Burgos – E1	396 kW	109 kW

### - Cogeneración

La potencia de cogeneración se ha determinado teniendo en cuenta el uso del edificio, la carga térmica continua a largo del año (con el objetivo de mantener el REE) y considerando un funcionamiento de 5000 horas/año. En el polideportivo se ha dimensionado según la carga térmica de ACS. Teniendo en cuenta estas premisas la potencia de cogeneración es:

**Tabla 5-12 Potencia de cogeneración. Edificio polideportivo. Escenario GN/GN**

	Sistema de cogeneración
Sevilla - B4	24 kW
Barcelona – C2	24 kW
Madrid – D3	24 kW
Burgos – E1	24 kW

### - Tipo de circuito

El edificio polideportivo dispone de un circuito a cuatro tubos para todos los escenarios planteados.

### Escenario GN/EL

La potencia de calefacción se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de invierno. La potencia de refrigeración se ha determinado teniendo en cuenta la carga térmica de verano. Para cada zona climática la potencia es de:

**Tabla 5-13 Potencia de calefacción y refrigeración por zona climática. Edificio polideportivo. Escenario GN/EL**

	Potencia calefacción	Potencia Refrigeración
Sevilla - B4	253 kW	220 kW
Barcelona – C2	281 kW	208 kW
Madrid – D3	324 kW	166 kW
Burgos – E1	330 kW	109 kW

### 5.2.5 Escenarios

Tomando como base las simplificaciones comentadas en el punto anterior, los escenarios a analizar para cada zona climática quedan de la siguiente manera:

**Tabla 5-14 Escenarios edificio administrativo**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EA_01	GN	GN	NO	NO
EA_02	GN	GN	NO	SI
EA_03	GN	GN	SI	NO
EA_04	GN	GN	SI	SI
EA_05	GN	EL	NO	NO
EA_06	GN	EL	NO	SI
EA_07	EL	EL	NO	NO
EA_08	EL	EL	NO	SI

**Tabla 5-15 Escenarios edificio centro comercial**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
ECC_01	GN	GN	NO	NO
ECC_02	GN	GN	NO	SI
ECC_03	GN	GN	SI	NO
ECC_04	GN	GN	SI	SI
ECC_05	GN	EL	NO	NO
ECC_06	GN	EL	NO	SI
ECC_07	EL	EL	NO	NO
ECC_08	EL	EL	NO	SI

**Tabla 5-16 Escenarios edificio polideportivo**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EP_01	GN	GN	GN	NO	NO
EP_02	GN	GN	GN	NO	SI
EP_03	GN	GN	GN	SI	NO
EP_04	GN	GN	GN	SI	SI
EP_05	GN	EL	GN	NO	NO
EP_06	GN	EL	GN	NO	SI
EP_07	GN	EL	GN	SI	NO
EP_08	GN	EL	GN	SI	SI

**Tabla 5-17 Escenarios edificio docente**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	FOTOVOLTAICA
ED_01	GN	NO
ED_02	GN	SI

**Tabla 5-18 Escenarios edificio hotel**

NOM	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EH_01	GN	GN	GN	NO	NO
EH_02	GN	GN	GN	NO	SI
EH_03	GN	GN	GN	SI	NO
EH_04	GN	GN	GN	SI	SI
EH_05	GN	EL	GN	NO	NO
EH_06	GN	EL	GN	NO	SI
EH_07	GN	EL	GN	SI	NO
EH_08	GN	EL	GN	SI	SI
EH_09	EL	EL	GN	NO	NO
EH_10	EL	EL	GN	NO	SI
EH_11	EL	EL	GN	SI	NO
EH_12	EL	EL	GN	SI	SI

## 5.2.6 Aportación energías renovables

El CTE establece en su sección HE5 una contribución fotovoltaica mínima de energía en los considerados grandes consumidores de energía eléctrica a partir de unos límites de aplicación.

En particular son los que se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 5-19 Límite de aplicación según HE-5**

TIPO DE USO	LÍMITE DE APLICACIÓN
Hipermercado	5.000 m <sup>2</sup> construidos
Centros comerciales	3.000 m <sup>2</sup> construidos
Naves de almacenaje	10.000 m <sup>2</sup> construidos
Administrativos	4.000 m <sup>2</sup> construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m <sup>2</sup> construidos

Es decir, será obligatorio poner energía fotovoltaica a partir de los valores establecidos en la tabla.

Por consiguiente, en todos los edificios planteados no es obligatorio poner energías renovables debido a que no tienen el número mínimo de m<sup>2</sup>.

En los edificios planteados y con el objetivo de ver cómo afecta en su calificación se implementarán sistemas según los siguientes criterios.



No se tiene en cuenta las características geométricas del tejado. Se considera que todos los edificios tienen la posibilidad de tener una marquesina o cubierta apta para instalar paneles. De esta manera se consigue independizar el comportamiento del edificio energético en la generación de energía (a nivel de sombras y cerramientos) así como la morfología de la cubierta.

Para cada emplazamiento se considerará la misma potencia pico instalada y la producción específica será función de la ciudad donde se ubique el edificio.

La potencia pico a determinar será:

Producción de FV = Superficie de cubierta (m<sup>2</sup>) \* (1 kWp / 25 m<sup>2</sup>) \* (Producción específica según zona climática kWh / kWp)

De esta manera se consigue maximizar la retribución de venta de energía eléctrica y las potencias a instalar podrían caber en tejados más o menos normales.

La producción específica se ha determinado teniendo en cuenta:

- Inclinação de 30º
- Orientación de sur
- Considerando las pérdidas de una instalación Standard.

Teniendo en cuenta estas consideraciones las producciones específicas son:

**Tabla 5-20 Producción específica para cada emplazamiento.**

CIUDAD	PRODUCCIÓN ESPECÍFICA
Barcelona (C2)	1300 kWh/kWp
Sevilla (B4)	1420 kWh/kWp
Madrid (D3)	1320 kWh/ kWp
Burgos (E1)	1250 kWh/kWp

La energía eléctrica producida con placas fotovoltaicas para cada edificio y zona climática es la que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 5-21 Energía fotovoltaica producida anual para cada edificio y zona climática (kWh/año).**

Edificio	B4	C2	D3	E1
Administrativo	28684	26260	26664	25250
Centro comercial	222344	206554	206686	195725
Docente	53222	48724	49474	46850
Hotel	7498	6864	6970	6600
Polideportivo	28400	26000	26400	25000

### 5.2.7 Cogeneración

En general se han identificado dos situaciones para introducir la cogeneración.

- Sistemas de microcogeneración para el cumplimiento del HE4 en aquellos edificios que tengan demanda de ACS (hotel y polideportivo)
- Sistemas de cogeneración que tienen su motivación en el aprovechamiento de calor residual para la generación de frío y calor en sistemas de gas natural.

El sistema de cogeneración consiste en un motor de combustión interna. La relación la energía eléctrica producida y el consumo de combustible en condiciones nominales es de 0,35.

El calor generado en la camisa del motor y en el circuito de gases del sistema de cogeneración se recupera en un circuito de agua caliente:

- Circuito de ACS
- Escenario GN/GN: Circuito de AC para la máquina de absorción, circuito de AC para el circuito de calefacción

### 5.2.8 Producción Agua Caliente Sanitaria

El CTE a través del documento básico *HE-4 Producción de ACS con energía solar térmica* establece la contribución solar mínima para la generación de ACS en función de la zona climática a la que pertenezca el edificio, el tipo de edificio y el combustible que utilice.

**Tabla 5-22 Cobertura solar requerida para combustible de Gas Natural.**

NOM	ZONA CLIMÁTICA			DEMANDA DEL EDIFICIO (l/d)	COBERTURA GN
Barcelona	II	Hotel ***	55 l/cama	1980l/día	30%
		Polideportivo	20/25 l/usuario		30%
Sevilla	V	Hotel ***	55 l/cama	1980l/día	70%
		Polideportivo	20/25 l/usuario		70%
Burgos	II	Hotel ***	55 l/cama	1980l/día	30%
		Polideportivo	20/25 l/usuario		30%
Madrid	IV	Hotel ***	55 l/cama	1980l/día	60%
		Polideportivo	20/25 l/usuario		60%

Según el DB – HE4 del CTE, el porcentaje de las aportaciones solares para ACS depende de la demanda de ACS, de la energía de apoyo y de la zona climática. En cuanto a la zona climática, existen 5 zonas, I, II, III, IV y V. Estas zonas no son equivalentes a las que se definen en el DB-HE1 de limitación de demanda. El criterio que se ha seguido para escoger la zona climática ha sido el siguiente: se ha escogido la zona climática según DB\_HE4 que le corresponde a las ciudades representativas de las zonas climáticas según DB-HE1. Así pues, para B4 (Sevilla) la zona climática es la V; Para C2 (Barcelona) la zona climática es la II; Para D3 (Madrid) la zona climática es la IV y por último, para E1 (Burgos) la zona climática es la II.

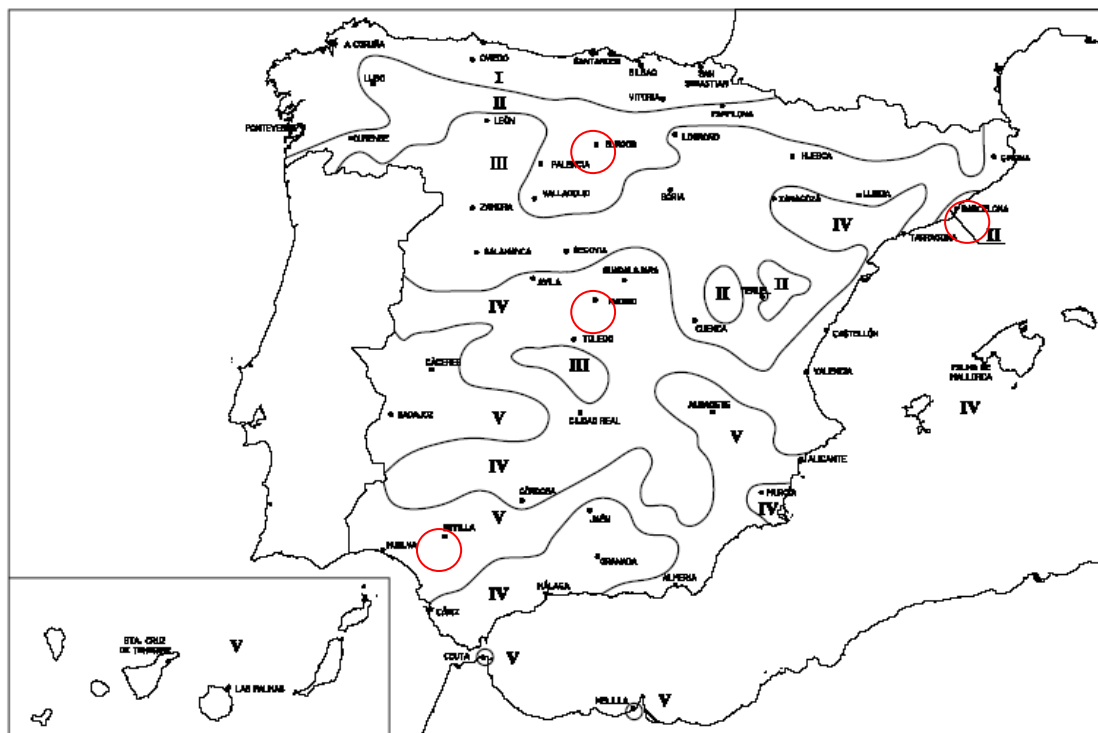


Figura 5-6 Zonas climáticas según DB-HE4

## 6 Resultados

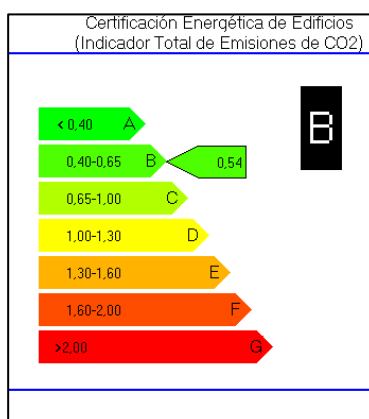
En este apartado se presentan los resultados obtenidos por tipología de edificio para cada escenario y zona climática. Los resultados que se presentan y analizan son los que genera CALENER GT. En el análisis de los resultados se han detectado ciertas “anomalías” en el tratamiento que CALENER GT hace sobre la tecnología de cogeneración, generación de ACS y producción de FV. En este capítulo, no se cuestionan los resultados entregados por el programa, simplemente, se presentan y se comentan los resultados. En el siguiente capítulo, se comentarán y analizarán estas anomalías que, a juicio de los autores del presente informe, son aspectos a mejorar del software CALENER GT.

Para cada edificio se presentan, para cada escenario y zona climática, los resultados globales de:

- Energía final consumida (MWh/año)
- Energía primaria consumida (MWh/año)
- Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales (t CO<sub>2</sub> /año). Se indica en negrita el mejor escenario y en rojo el peor.
- Calificación global del edificio. En la celda contigua al valor de calificación se indica el valor del indicador que utiliza CALENER para asignar la calificación. Este valor se obtiene de dividir las emisiones globales, por m<sup>2</sup> y año, del edificio objeto entre las emisiones globales del edificio de referencia. Así un valor inferior implica un mejor comportamiento energético del edificio objeto respecto el edificio de referencia.

$$C = \frac{I_{objeto}}{I_{referencia}}$$

Hay que recordar que los límites para obtener una u otra calificación son los siguientes:



**Figura 6-1** Escala de calificación

En el caso de edificios terciarios, la escala de calificación es independiente de la zona climática y de los usos del edificio.

Además se grafican los resultados para todos los escenarios y zonas climáticas, indicando los consumos y emisiones parciales de cada uso: calefacción (CAL), refrigeración (REF), agua caliente sanitaria (ACS), iluminación (ILU) y auxiliares (AUX). Los equipos auxiliares corresponden a bombas, ventiladores, etc.... que están asociados a los sistemas de climatización ya sea de calefacción o refrigeración. Como CALENER no especifica los consumos de estos equipos auxiliares que están asociados a calefacción y los que están asociados a refrigeración, se han agrupado y se les denomina: “Auxiliares”. Ahora bien, hay que tener en cuenta que las emisiones asociadas a estos equipos se consideran en el sistema “CLIMA” (Calefacción y refrigeración) a la hora de asignar la calificación final, además de las emisiones debidas a la iluminación y a la generación de ACS.

Por último, se graficarán los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad.

## 6.1 Edificio administrativo

Los escenarios que se han simulado del edificio administrativo son:

**Tabla 6-1 Escenarios del edificio administrativo**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EA_01	GN	GN	NO	NO
EA_02	GN	GN	NO	SI
EA_03	GN	GN	SI	NO
EA_04	GN	GN	SI	SI
EA_05	GN	EL	NO	NO
EA_06	GN	EL	NO	SI
EA_07	EL	EL	NO	NO
EA_08	EL	EL	NO	SI

En la siguiente tabla se presentan los valores globales de consumo de energía final, primaria y emisiones, además de la calificación global del edificio.

**Tabla 6-2 Resultados del edificio administrativo. Consumo energía final, energía primaria, emisiones y calificación global**

Escenario	Energía final (MWh/año)				Energía primaria ( MWh/año)			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
EA_01	211,7	158,1	181,9	211,1	273,9	216,3	241,2	267,8
EA_02	211,7	158,1	181,9	211,1	251,2	193,6	220,7	249,1
EA_03	138,4	121,6	142,3	184,6	174,3	157,4	178,5	221,2
EA_04	138,4	121,6	142,3	184,6	152,0	137,7	158,4	202,7
EA_05	92,2	100,5	122,4	177,6	190,1	175,1	199,4	242,6
EA_06	92,2	100,5	122,4	177,6	159,1	151,2	174,7	221,9
EA_07	80,7	75,5	87,8	112,0	210,2	196,6	228,6	291,5
EA_08	80,7	75,5	87,8	112,0	174,0	164,7	193,9	255,6

Escenario	Emisiones (t CO <sub>2</sub> /año)				CALIFICACIÓN GLOBAL							
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
<b>EA_01</b>	<b>59,9</b>	48,0	53,1	58,3	<b>C</b>	<b>0,87</b>	<b>C</b>	0,79	<b>C</b>	0,81	<b>C</b>	0,71
EA_02	54,3	43,1	48,0	53,6	<b>C</b>	0,79	<b>C</b>	0,71	<b>C</b>	0,73	<b>C</b>	0,65
EA_03	39,7	36,1	40,4	48,8	<b>B</b>	0,58	<b>B</b>	0,59	<b>B</b>	0,62	<b>B</b>	0,6
<b>EA_04</b>	<b>34,2</b>	<b>31,2</b>	<b>35,3</b>	<b>44,2</b>	<b>B</b>	<b>0,50</b>	<b>B</b>	<b>0,51</b>	<b>B</b>	<b>0,54</b>	<b>B</b>	<b>0,54</b>
EA_05	45,9	41,1	46,1	53,9	<b>C</b>	0,67	<b>C</b>	0,67	<b>C</b>	0,71	<b>C</b>	0,66
EA_06	38,2	35,4	40,0	48,7	<b>B</b>	0,56	<b>B</b>	0,58	<b>B</b>	0,61	<b>B</b>	0,59
<b>EA_07</b>	52,4	<b>49,0</b>	<b>57,0</b>	<b>72,7</b>	<b>C</b>	0,76	<b>C</b>	<b>0,8</b>	<b>C</b>	<b>0,87</b>	<b>C</b>	<b>0,89</b>
EA_08	43,4	41,1	48,3	63,7	<b>B</b>	0,63	<b>C</b>	0,67	<b>C</b>	0,74	<b>C</b>	0,78

En el edificio administrativo, se observa como el mejor escenario el número 4, es decir el que considera sistemas de calefacción y refrigeración de gas natural y sistema de cogeneración y generación de electricidad fotovoltaica.

Por el contrario el peor escenario, en las zonas climáticas en las que la demanda de refrigeración es menor (C2, D3 y E1) es el escenario eléctrico sin cogeneración ni generación de electricidad fotovoltaica (escenario 7). En las zonas climáticas con mayor demanda de refrigeración (B4) el peor escenario es el que considera sistemas de calefacción y refrigeración con gas natural pero sin cogeneración ni producción de energía eléctrica fotovoltaica (escenario 1).

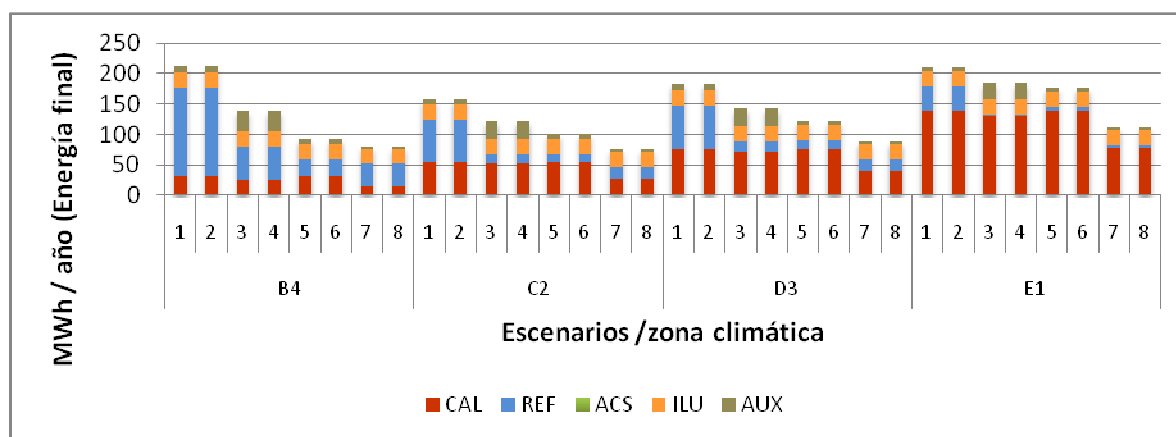
Hay que tener en cuenta que los equipos de refrigeración pasan de tener un COP de 0,63 en caso de que sean de absorción (Gas natural) a un COP 2,8 en caso de que sean enfriadoras de compresión (electricidad). El coeficiente de paso de la electricidad a emisiones, aunque es muy superior al de gas natural, no compensa el mayor consumo de gas de la máquina de absorción (a no ser que se instale un equipo de cogeneración que reduce el consumo de gas en la máquina de absorción).

Así, la calificación mejora si se instala un equipo de cogeneración que, además de generar electricidad, aproveche la energía residual en la máquina de absorción en verano y en la caldera de calefacción en invierno.

Evidentemente, la producción de energía fotovoltaica mejora el indicador de emisiones pero no en todos los escenarios se consigue cambiar la calificación. Por ejemplo, en los escenarios de gas natural para calefacción y refrigeración sin cogeneración (1 y 2), la calificación con fotovoltaica (2) se mantiene en una C, igual que el escenario sin fotovoltaica (1). El indicador sí que mejora sensiblemente. Lo mismo ocurre en los escenarios de gas natural con cogeneración (3 y 4) y en el escenario eléctrico (7 y 8) en las zonas climáticas D3 y E1.

De hecho sólo en el escenario en el que la calefacción se genera con gas natural y la refrigeración con electricidad hay un cambio en la letra de calificación pasando de una C sin generación fotovoltaica a una B con generación fotovoltaica. El cambio de calificación también se produce en los escenarios todo eléctrico (7 y 8) para las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración.

A continuación se grafican los resultados parciales, divididos en los diferentes usos: calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.



**Figura 6-2** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Usos

Se observa como el consumo en calefacción aumenta con la severidad climática de invierno y el consumo en refrigeración disminuye con la severidad climática de verano. El consumo en iluminación es igual para todas las zonas climáticas.

El consumo en auxiliares depende de los sistemas de clima, pero son constantes en todas las zonas climáticas.

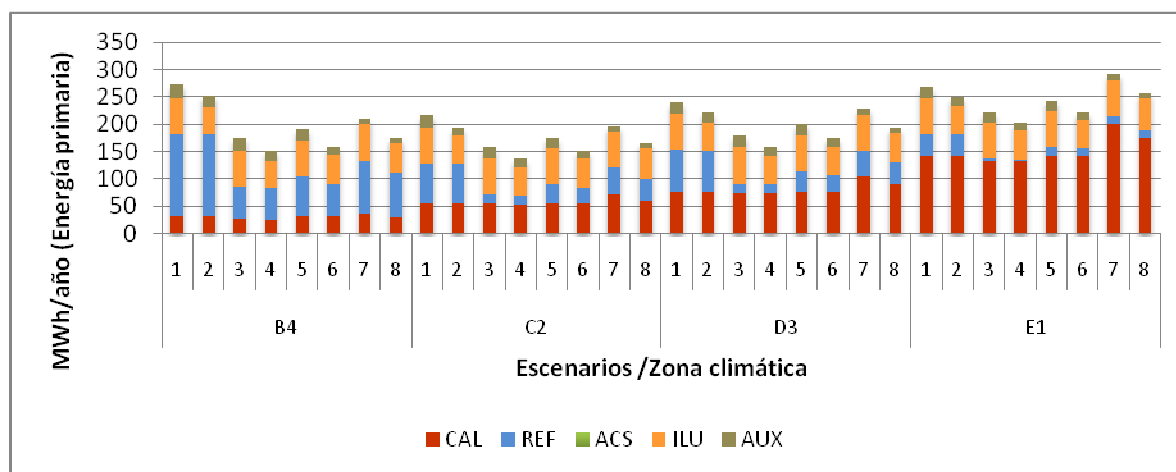
El consumo disminuye cuando la aportación eléctrica aumenta, debido sobre todo al consumo en

refrigeración, ya que los rendimientos de las máquinas enfriadoras por compresión son superiores que el rendimiento de una máquina de absorción de simple efecto.

En el escenario 3 y 4 (gas natural para calefacción y refrigeración y cogeneración más fotovoltaica), el consumo en refrigeración disminuye considerablemente respecto al escenario equivalente sin cogeneración, ni fotovoltaica (1). Esta disminución se debe básicamente a la disminución en el consumo de gas de la máquina de absorción para producir frío. Esto es así porque la máquina de absorción aprovecha el calor residual del motor de cogeneración.

Esto no se observa en el consumo en la calefacción que es prácticamente igual en todos los escenarios de gas natural (Del 1 al 6). En el escenario todo eléctrico, el consumo de energía final en calefacción, disminuye por el menor consumo de la bomba de calor. Esta tendencia cambiará cuando se analice la figura que hace referencia a la energía primaria y a las emisiones.

Si se observa el gráfico anterior la energía final no disminuye en los escenarios que consideran generación de electricidad con fotovoltaica. Esto es así, porque, en realidad el consumo final es el mismo, lo que variará será la energía primaria consumida, como puede verse en la siguiente figura.



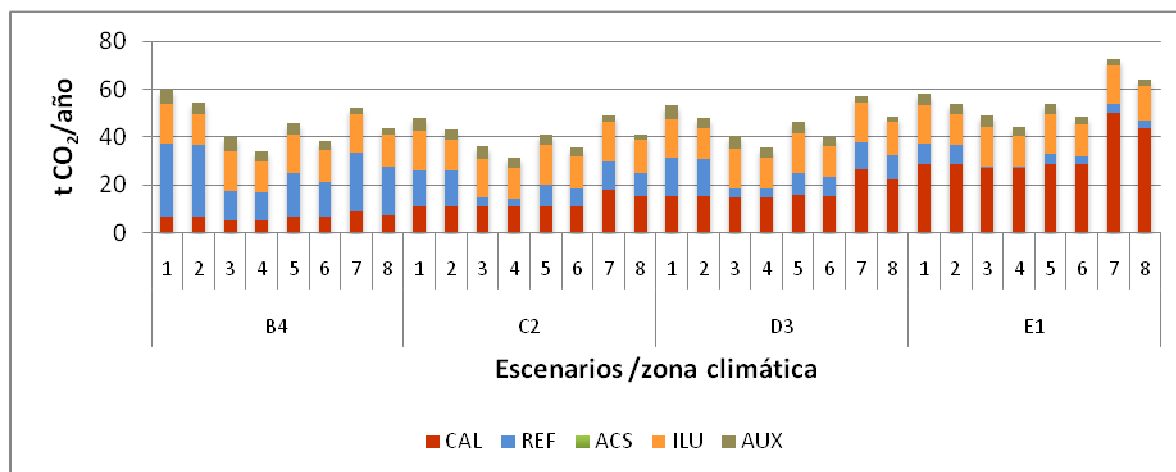
**Figura 6-3** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Usos

Efectivamente, la energía global, cuando se introduce la generación de electricidad fotovoltaica es menor. Se reduce el consumo de electricidad porque se considera que la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica es consumida directamente en el edificio.

Teniendo en cuenta, el consumo en energía primaria, los escenarios 1 y 2 (gas natural sin cogeneración) tienen el consumo más elevado en todas las zonas climáticas excepto en la zona E1. Este consumo es mayor que el escenario todo eléctrico. El motivo es el mismo que el que se ha explicado cuando se comentaba la figura del consumo de energía final. Ahora bien, el escenario eléctrico (7-8) tiene un consumo mayor que el de gas natural con cogeneración (3-4) y el gas natural / eléctrico (5-6).

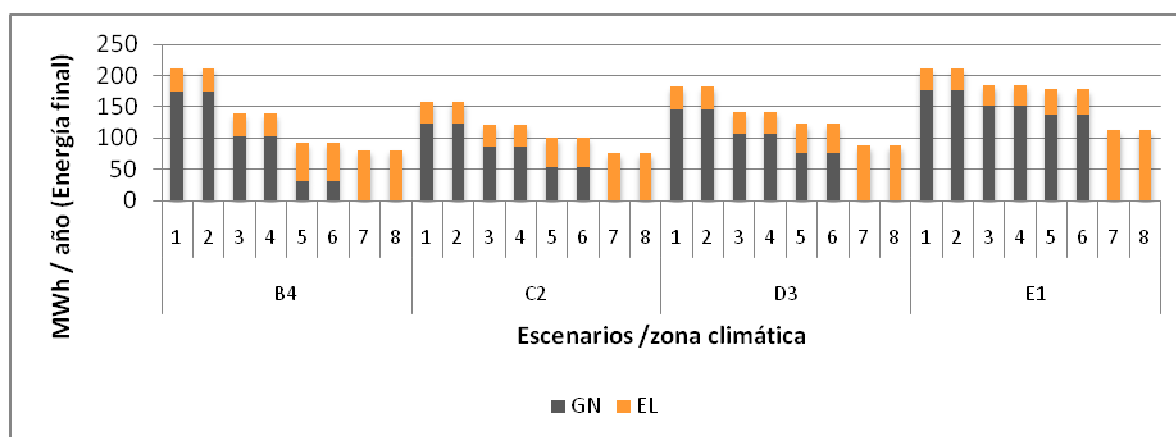
La zona climática E1, tiene una demanda de refrigeración más baja, así la disminución en el consumo de refrigeración, no compensa el aumento en la calefacción.

En la siguiente figura, se puede observar como la tendencia si se grafican las emisiones es la misma que la energía primaria. Sólo hay una variación, considerando emisiones, en la zona climática D3, el escenario 7 (todo eléctrico sin fotovoltaica) tiene más emisiones que el escenario 1 (todo gas sin cogeneración)



**Figura 6-4** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Usos

Los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad son los siguientes.



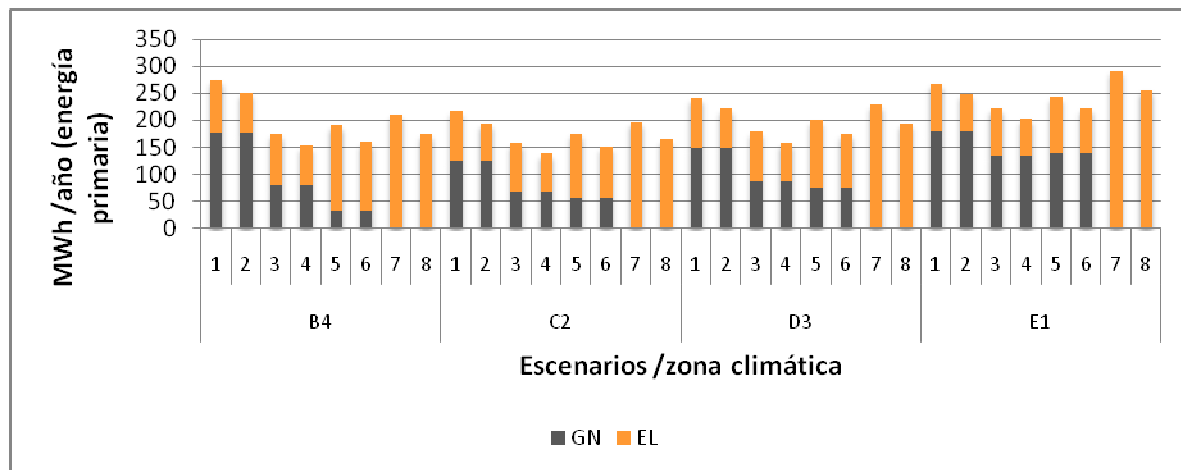
**Figura 6-5** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Gas natural y electricidad

La relación entre el consumo de energía final y el consumo de energía primaria es el factor de paso de energía final a energía primaria.

En el caso de la electricidad el factor de paso es 0.38 y en el caso de gas natural es 0.99. Si existe producción fotovoltaica, el factor de paso de la electricidad aumenta hasta 0.5.

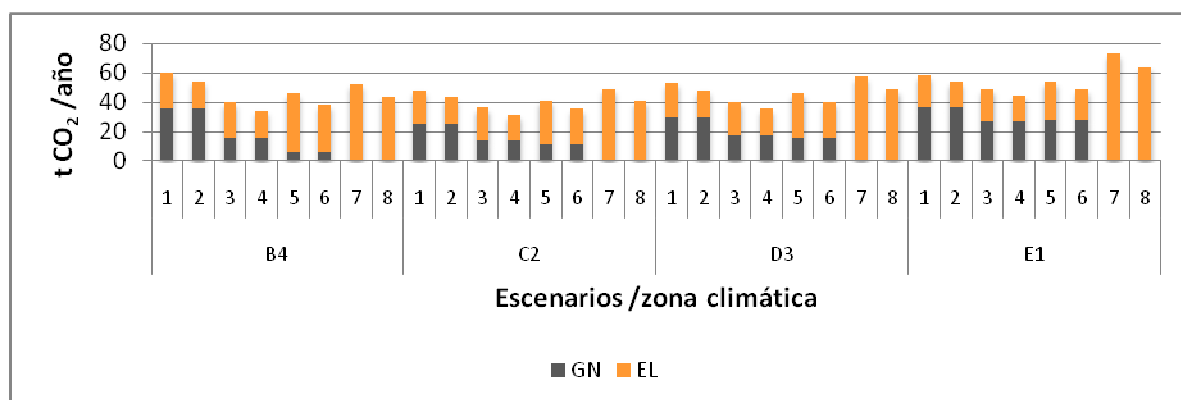
Hay que decir que este factor de paso, varía entre 0.5 y 0.46 en función del escenario. El factor de paso disminuye ligeramente cuando aumenta la proporción de electricidad.





**Figura 6-6** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Gas natural y electricidad

En el caso de las emisiones, el factor de conversión entre el consumo de energía final y las emisiones es 0.21 kg CO<sub>2</sub> / kWh para gas natural y 0.65 kg CO<sub>2</sub> / kWh para electricidad.



**Figura 6-7** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio administrativo. Gas natural y electricidad

En los gráficos anteriores se observa la disminución en el consumo de gas natural en los escenarios que consideran la cogeneración (3-4) respecto a los escenarios de gas natural sin cogeneración (1-2). Aunque el consumo y emisiones debidas a la electricidad son prácticamente las mismas. Parece ser que la producción eléctrica de la cogeneración no se tiene en cuenta.

## 6.2 Edificio centro comercial

Los escenarios que se han simulado del edificio centro comercial son:

**Tabla 6-3 Escenarios del edificio centro comercial**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
ECC_01	GN	GN	NO	NO
ECC_02	GN	GN	NO	SI
ECC_03	GN	GN	SI	NO
ECC_04	GN	GN	SI	SI
ECC_05	GN	EL	NO	NO
ECC_06	GN	EL	NO	SI
ECC_07	EL	EL	NO	NO
ECC_08	EL	EL	NO	SI

Los resultados globales obtenidos por el centro comercial se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 6-4 Resultados del edificio centro comercial. Consumo energía final, energía primaria, emisiones y calificación global.**

Escenario	Energía final (MWh/año)				Energía primaria ( MWh/año)			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
ECC_01	1232,4	1182,3	1130,1	1339,6	1651,2	1584,0	1512,0	1710,9
ECC_02	1232,4	1182,3	1130,1	1339,6	1464,6	1419,0	1350,1	1561,3
ECC_03	848,9	886,1	1024,7	1341,5	1254,8	1036,6	1308,0	1631,6
ECC_04	848,9	771,6	1024,7	1341,5	1071,3	771,6	1141,8	1474,8
ECC_05	665,7	689,9	893,0	1265,0	1261,7	1145,6	1372,7	1511,5
ECC_06	665,7	689,9	893,0	1265,0	1025,1	962,9	1181,3	1609,6
ECC_07	555,1	544,1	592,6	694,3	1444,9	1416,4	1542,6	1807,3
ECC_08	555,1	544,1	592,6	694,3	1150,2	1149,5	1261,2	1525,1

Escenario	Emisiones (t CO <sub>2</sub> /año)				CALIFICACIÓN GLOBAL							
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
<b>ECC_01</b>	<b>364,7</b>	<b>350,4</b>	334,4	373,6	<b>C</b>	<b>0,81</b>	<b>C</b>	<b>0,84</b>	<b>C</b>	0,74	<b>C</b>	0,7
ECC_02	318,2	309,3	294,1	336,3	<b>C</b>	0,71	<b>C</b>	0,74	<b>C</b>	0,65	<b>B</b>	0,63
ECC_03	284,0	265,3	294,0	358,6	<b>B</b>	0,63	<b>B</b>	0,63	<b>B</b>	0,64	<b>C</b>	0,67
<b>ECC_04</b>	<b>238,2</b>	<b>224,1</b>	<b>252,1</b>	<b>319,5</b>	<b>B</b>	<b>0,53</b>	<b>B</b>	<b>0,53</b>	<b>B</b>	<b>0,54</b>	<b>B</b>	<b>0,59</b>
ECC_05	300,3	266,0	313,5	368,6	<b>C</b>	0,67	<b>C</b>	0,69	<b>C</b>	0,68	<b>C</b>	0,69
ECC_06	241,3	220,4	265,8	328,2	<b>B</b>	0,54	<b>B</b>	0,57	<b>B</b>	0,57	<b>B</b>	0,61
<b>ECC_07</b>	360,2	353,1	<b>384,6</b>	<b>450,6</b>	<b>C</b>	0,80	<b>C</b>	0,83	<b>C</b>	<b>0,83</b>	<b>C</b>	<b>0,84</b>
ECC_08	286,8	286,6	314,5	380,2	<b>B</b>	0,64	<b>C</b>	0,68	<b>C</b>	0,68	<b>C</b>	0,71

Igual que en el edificio administrativo, en el edificio centro comercial se observa como el mejor escenario el número 4, es decir el que considera sistemas de calefacción y refrigeración de gas natural y sistema de cogeneración y generación de electricidad fotovoltaica.

Por el contrario el peor escenario, igual que en el edificio administrativo, en las zonas climáticas en

las que la demanda de refrigeración es menor (D3 y E1) es el escenario eléctrico sin generación de electricidad con energía fotovoltaica (escenario 7). En las zonas climáticas con mayor demanda de refrigeración (B4 y C2) el peor escenario es el que considera sistemas de calefacción y refrigeración con gas natural pero sin cogeneración ni producción de energía eléctrica con fotovoltaica (escenario 1).

La justificación es idéntica a la expuesta en el edificio administrativo, es decir, el COP de la máquina de absorción es de 0,63. mientras que las enfriadoras por compresión convencionales tienen un COP de 2,8. A pesar que las emisiones asociadas a 1 kWh eléctrico son superiores a las asociadas a 1 kWh de gas natural, este factor no es suficiente para compensar el mayor consumo de gas de la máquina de absorción.

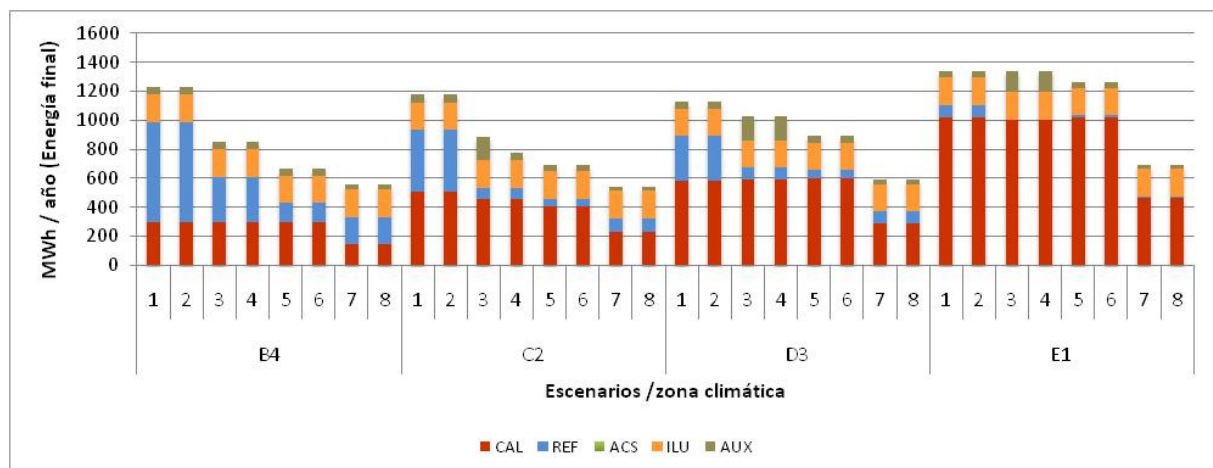
En este caso, la calificación también mejora si se instala un equipo de cogeneración que, además de generar electricidad, aproveche la energía residual en la máquina de absorción en verano y en la caldera de calefacción en invierno.

Evidentemente, la producción de energía fotovoltaica mejora el indicador de emisiones pero, tampoco en este caso, no en todos los escenarios se consigue cambiar la calificación. Por ejemplo, en los escenarios de gas natural para calefacción y refrigeración sin cogeneración (1 y 2), la calificación con fotovoltaica (2) se mantiene en una C, igual que el escenario sin fotovoltaica (1), excepto en la zona climática E1 en la que sí se consigue cambiar de letra. En todos los casos el indicador sí que mejora sensiblemente. Lo mismo ocurre en los escenarios de gas natural con cogeneración (3 y 4) y en el escenario eléctrico (7 y 8) en las zonas climáticas C2, D3 y E1.

En el escenario en el que la calefacción se genera con gas natural y la refrigeración con electricidad hay un cambio en la letra de calificación pasando de una C sin generación fotovoltaica a una B con generación fotovoltaica. El cambio de calificación también se produce en los escenarios todo eléctrico (7 y 8) para las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración, B4 y en todos los escenarios, excepto el eléctrico, para la zona E1.

La cogeneración hace mejorar la calificación pasando de una C a una B para los escenarios en que la refrigeración es con gas.

A continuación se grafican los resultados parciales, divididos en los diferentes usos: calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.



**Figura 6-8** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Usos

Se observa como el consumo en calefacción aumenta con la severidad climática de invierno. En este edificio, la diferencia de calefacción entre las zonas climáticas B4 y C2 es más notable que en el

administrativo. No se pueden comparar los valores entre los diferentes edificios ya que la geometría, y, sobre todo, los usos son muy diferentes entre ellos. A pesar de esto, aquí también se observa que el consumo en refrigeración disminuye con la severidad climática de verano. El consumo en iluminación es igual para todas las zonas climáticas.

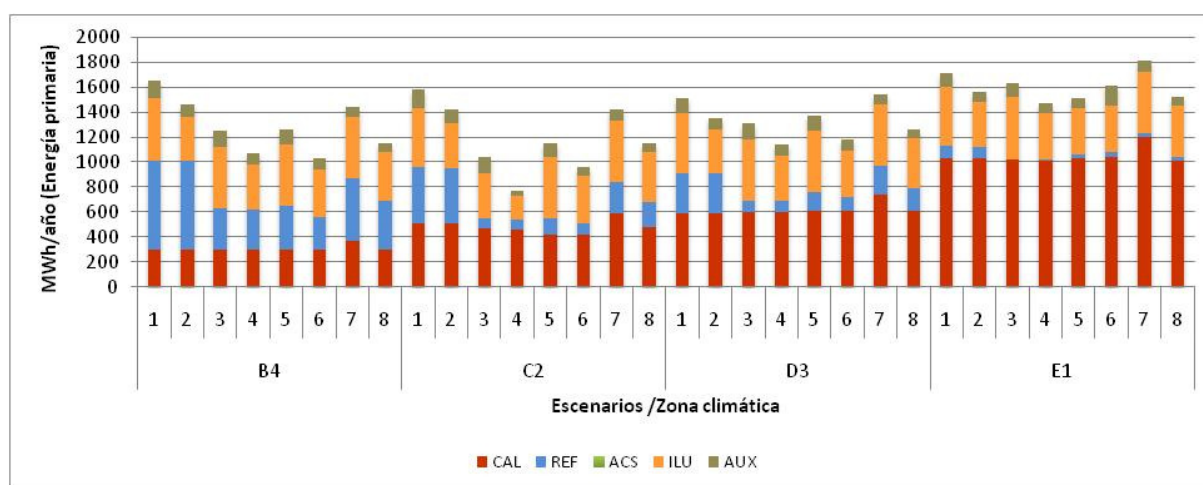
El consumo en auxiliares depende de los sistemas de clima, pero son constantes en todas las zonas climáticas.

El consumo disminuye cuando la aportación eléctrica aumenta, debido sobre todo al consumo en refrigeración, ya que los rendimientos de las máquinas eléctricas de refrigeración son superiores que el rendimiento de una máquina de absorción de simple efecto.

En el escenario 3 y 4 (gas natural para calefacción y refrigeración y cogeneración más fotovoltaica), el consumo en refrigeración disminuye considerablemente respecto al escenario equivalente sin cogeneración, ni fotovoltaica (1). Esta disminución se debe básicamente a la disminución en el consumo de gas de la máquina de absorción para producir frío. Esto es así porque la máquina de absorción aprovecha el calor residual del motor de cogeneración.

Esto no se observa en el consumo en la calefacción que es prácticamente igual en todos los escenarios de gas natural (del 1 al 6). En el escenario todo eléctrico, el consumo de energía final en calefacción, disminuye por el menor consumo de la bomba de calor. Esta tendencia cambiará cuando se analice la figura que hace referencia a la energía primaria y a las emisiones.

Si se observa el gráfico anterior la energía final no disminuye en los escenarios que consideran generación de electricidad con fotovoltaica. Esto es así, porque, en realidad el consumo final es el mismo, lo que variará será la energía primaria consumida, como puede verse en la siguiente figura.



**Figura 6-9** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Usos

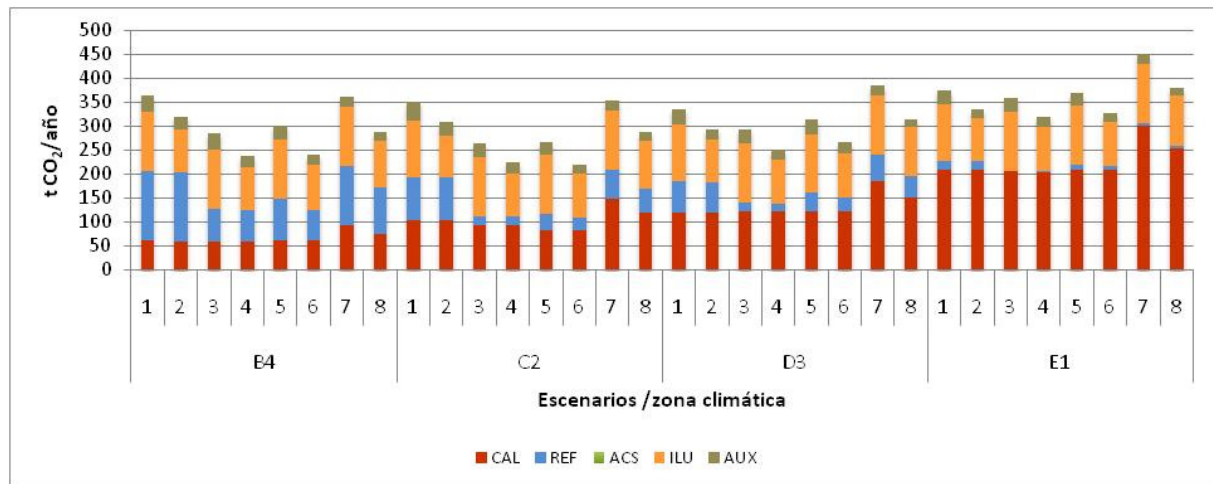
Efectivamente, la energía global, cuando se introduce la generación de electricidad fotovoltaica es menor. Se reduce el consumo de electricidad porque se considera que la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica es consumida directamente en el edificio.

Teniendo en cuenta, el consumo en energía primaria, los escenarios 1 y 2 (gas natural sin cogeneración) tienen el consumo más elevado en todas las zonas climáticas excepto en las zonas D3 y E1. Este consumo es mayor que el escenario todo eléctrico. El motivo es el mismo que el que se ha explicado cuando se comentaba la figura del consumo de energía final. Ahora bien, el escenario eléctrico (7-8) tiene un consumo mayor que el de gas natural con cogeneración (3-4) y el gas natural /

eléctrico (5-6).

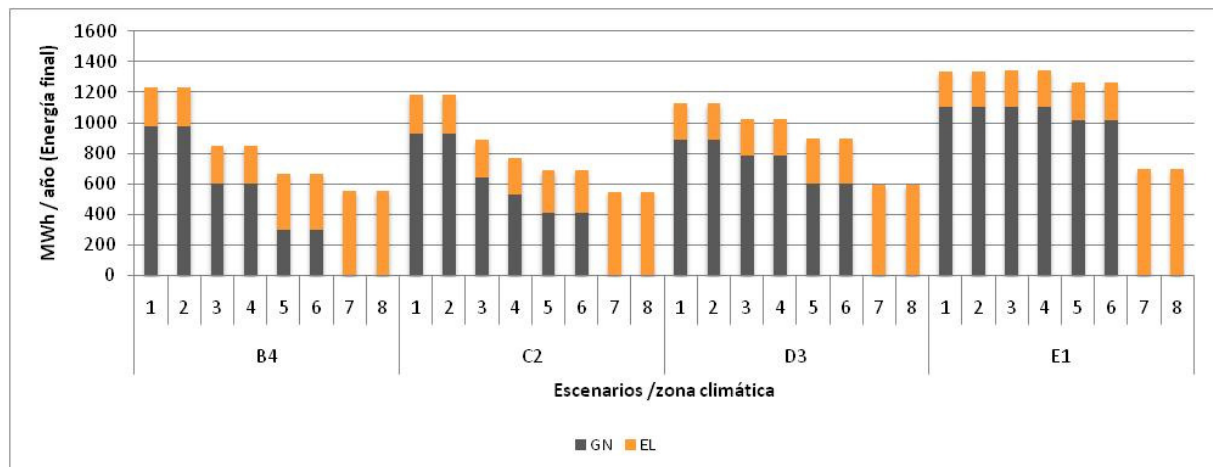
Las zonas climáticas D3 y E1, tienen una demanda de refrigeración más baja, así la disminución en el consumo de refrigeración, no compensa el aumento en la calefacción.

En la siguiente figura, se puede observar como la tendencia si se grafican las emisiones es la misma que la energía primaria.



**Figura 6-10** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Usos

Los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad son los siguientes.



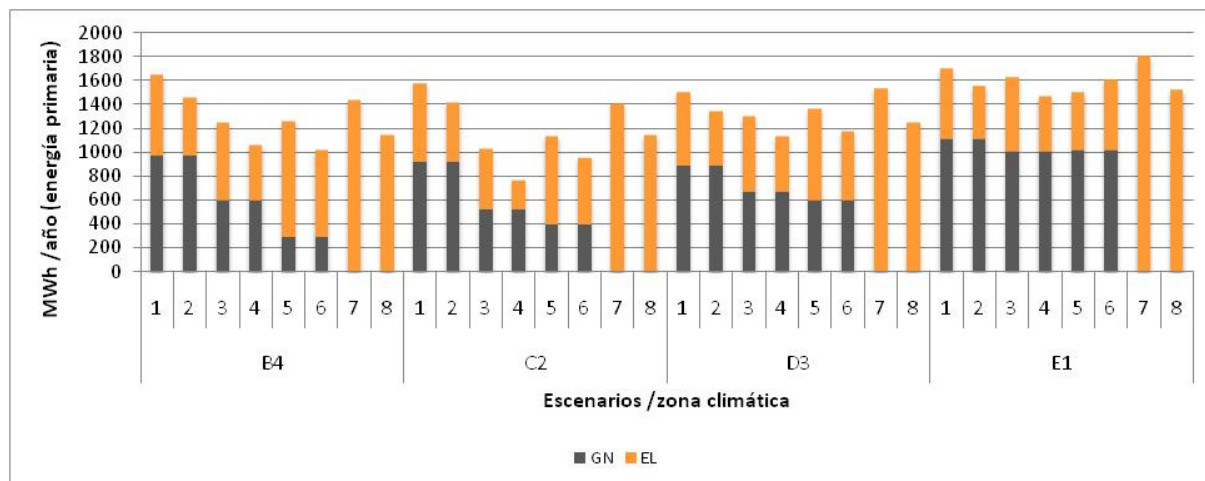
**Figura 6-11** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Gas natural y electricidad

La relación entre el consumo de energía final y el consumo de energía primaria es el factor de paso de energía final a energía primaria.

En el edificio centro comercial, el factor de paso de la electricidad es 0.38 y en el caso de gas natural es 0.99, evidentemente, igual que en el edificio administrativo. Ahora bien, si existe producción

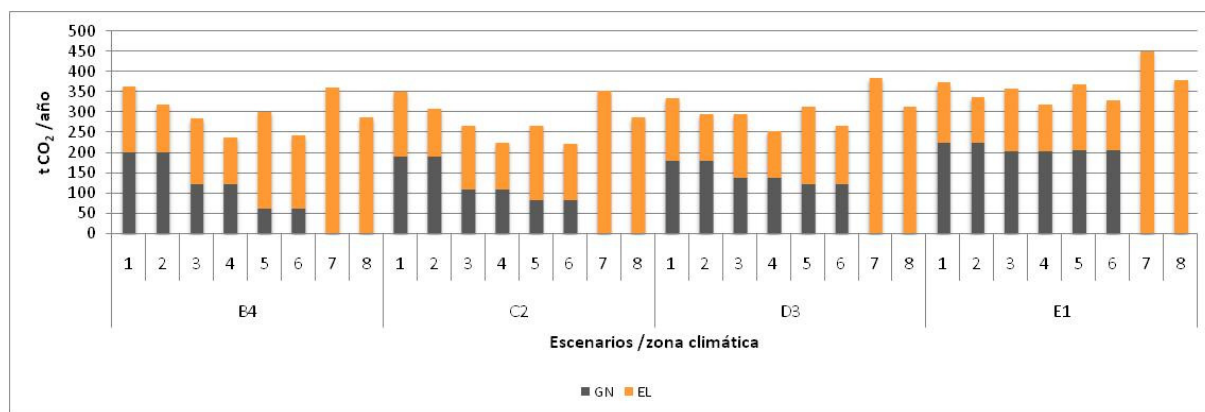
fotovoltaica, el factor de paso de la electricidad puede ser de hasta 0.54. Este valor es superior al del edificio administrativo, ya que la producción eléctrica con fotovoltaica es superior en este edificio, ya que la superficie de cubierta es mucho mayor.

El factor de paso, varía entre 0.54 y 0.51 en función del escenario. El factor de paso disminuye ligeramente cuando aumenta la proporción de electricidad.



**Figura 6-12** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Gas natural y electricidad

En el caso de las emisiones, el factor de conversión entre el consumo de energía final y las emisiones es 0.21 kg CO<sub>2</sub> / kWh para gas natural y 0.65 kg CO<sub>2</sub> / kWh para electricidad. Esto explica que las emisiones aumenten de forma más pronunciada con el consumo eléctrico que con el consumo de gas.



**Figura 6-13** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio centro comercial. Gas natural y electricidad

En los gráficos anteriores se observa la disminución en el consumo de gas natural en los escenarios que consideran la cogeneración (3-4) respecto a los escenarios de gas natural sin cogeneración (1-2). Aunque el consumo y emisiones debidas a la electricidad son prácticamente las mismas. Parece ser que la producción eléctrica de la cogeneración no se tiene en cuenta.

### 6.3 Edificio docente

El edificio docente no tiene demanda de refrigeración, ya que éste no está en uso durante los meses de verano. Además, CALENER considera que los edificios docentes tampoco tienen demanda de ACS. Por lo tanto, los escenarios que se han simulado del edificio docente sólo son dos:

**Tabla 6-5 Escenarios del edificio docente**

ESCENARIO	CALEFACCIÓN	FOTOVOLTAICA
ED_01	GN	NO
ED_02	GN	SI

Los resultados globales obtenidos por el edificio docente se pueden observar en la siguiente tabla.

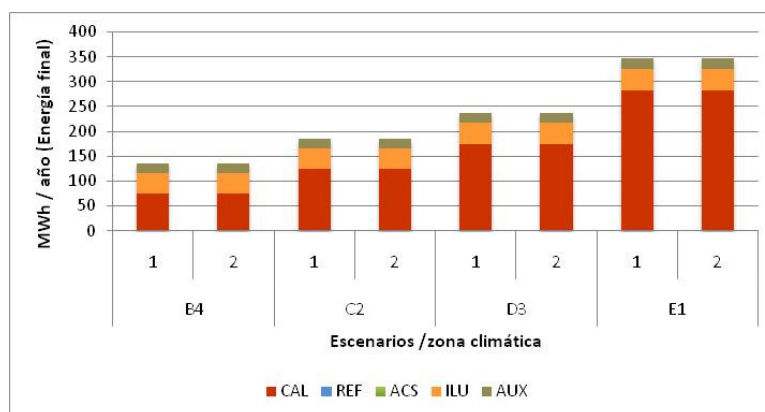
**Tabla 6-6 Resultados del edificio docente. Consumo energía final, energía primaria, emisiones y calificación global**

Escenario	Energía final (MWh/año)				Energía primaria ( MWh/año)			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
ED_01	134,5	185,9	237,8	347,9	231,8	286,7	340,9	455,8
ED_02	134,5	185,9	237,8	347,9	146,4	207,6	260,1	378,3

Escenario	Emisiones (t CO <sub>2</sub> /año)				CALIFICACIÓN GLOBAL							
	B4	C2	D3	E1	B4		C2		D3		E1	
ED_01	54,2	65,5	66,6	100,1	C	0,76	C	0,68	B	0,63	B	0,59
ED_02	32.9	45.8	56.4	80.7	B	0.46	B	0.48	B	0.47	B	0.47

En este caso, sólo hay dos escenarios, y, por lo tanto, es evidente que el mejor escenario será el que considera calefacción con gas natural y producción de electricidad con energía fotovoltaica y el peor el que no considera la generación de electricidad con fotovoltaica.

En cualquier caso, se observa como en las zonas climáticas con mayor severidad de invierno, la calificación es mejor, siendo incluso una B en los escenarios sin fotovoltaica.



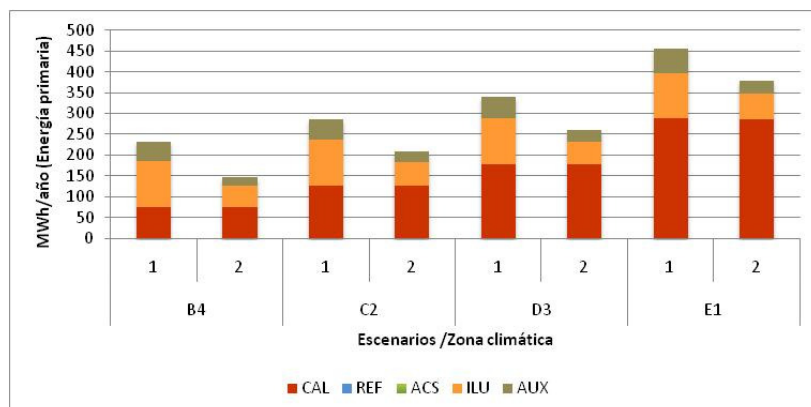
**Figura 6-14** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Usos

Se observa como el consumo en calefacción aumenta con la severidad climática de invierno. El consumo en iluminación es igual para todas las zonas climáticas y los equipos auxiliares también, ya



que se trata del mismo sistema de clima para los dos escenarios estudiados.

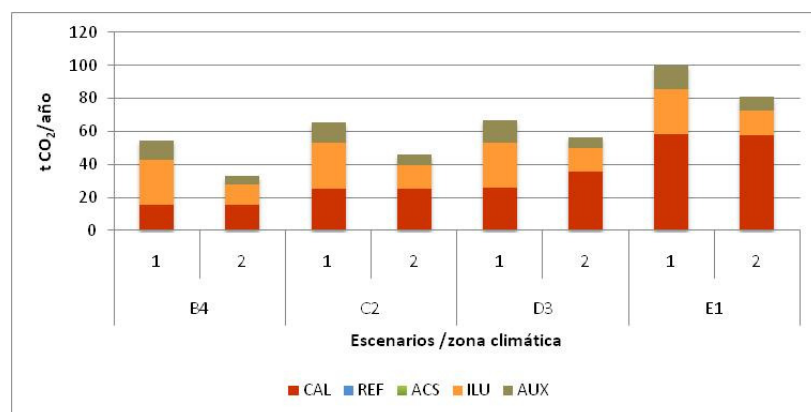
De la misma forma que se ha comentado en los edificios anteriores, la energía final no disminuye en los escenarios que consideran generación de electricidad con fotovoltaica. Esto es así, porque, en realidad el consumo final es el mismo, lo que variará será la energía primaria consumida.



**Figura 6-15** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Usos

Sin embargo, cuando se introduce la generación de electricidad fotovoltaica, el consumo energético primario es menor. Se reduce el consumo de electricidad porque se considera que la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica es consumida directamente en el edificio. En este caso, la energía fotovoltaica reduce el consumo en los usos eléctricos, es decir, iluminación y auxiliares.

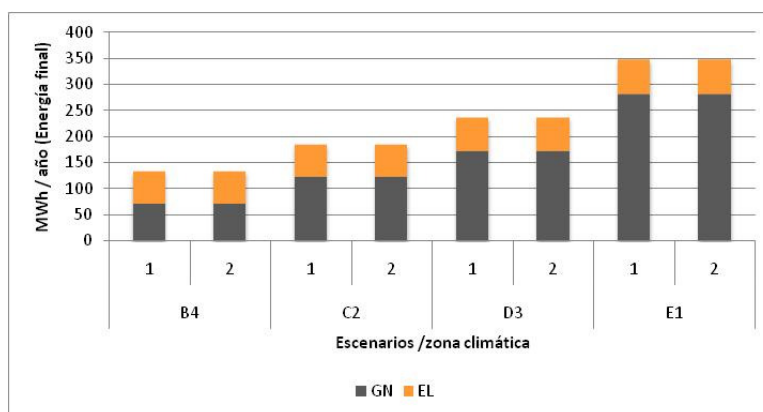
En la siguiente figura, se puede observar como la tendencia si se grafican las emisiones es la misma que la energía primaria.



**Figura 6-16** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Usos

Los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad son los siguientes.

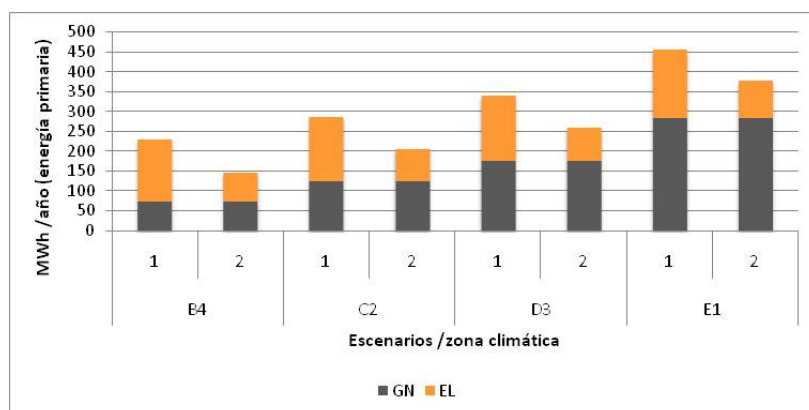




**Figura 6-17** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Gas natural y electricidad

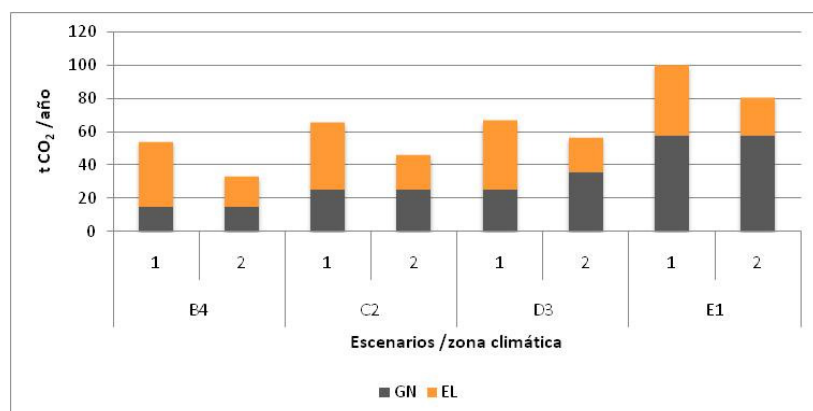
La relación entre el consumo de energía final y el consumo de energía primaria es el factor de paso de energía final a energía primaria.

En el edificio docente, el factor de paso de la electricidad es 0.38 y en el caso de gas natural es 0.99, evidentemente, igual que en el resto de edificios. Ahora bien, si existe producción fotovoltaica, el factor de paso de la electricidad puede ser de hasta 0.99 para la zona climática E1, 0.97 para D3, 0.96 para C2 y B4. Este valor es superior al de los otros edificios, ya que la producción eléctrica con fotovoltaica respecto al consumo es superior.



**Figura 6-18** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Gas natural y electricidad

En el caso de las emisiones, el factor de conversión entre el consumo de energía final y las emisiones es 0.21 kg CO<sub>2</sub> / kWh para gas natural y 0.65 kg CO<sub>2</sub> / kWh para electricidad.



**Figura 6-19** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio docente. Gas natural y electricidad

## 6.4 Edificio hotel

Los escenarios que se han simulado del edificio hotel son:

**Tabla 6-7 Escenarios del edificio hotel**

NOM	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EH_01	GN	GN	GN	NO	NO
EH_02	GN	GN	GN	NO	SI
EH_03	GN	GN	GN	SI	NO
EH_04	GN	GN	GN	SI	SI
EH_05	GN	EL	GN	NO	NO
EH_06	GN	EL	GN	NO	SI
EH_07	GN	EL	GN	SI	NO
EH_08	GN	EL	GN	SI	SI
EH_09	EL	EL	GN	NO	NO
EH_10	EL	EL	GN	NO	SI
EH_11	EL	EL	GN	SI	NO
EH_12	EL	EL	GN	SI	SI

Los resultados globales obtenidos por el edificio hotel se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 6-8 Resultados del edificio hotel. Consumo energía final, energía primaria, emisiones y calificación global.**

Escenario	Energía final (MWh/año)				Energía primaria ( MWh/año)			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
EH_01	135,1	113,7	126,3	139,8	162,2	139,4	153,4	165,9
EH_02	135,1	113,7	126,3	139,8	150,3	128,7	142,3	155,6
EH_03	121,0	96,2	112,5	116,9	148,1	100,5	138,6	142,1
EH_04	121,0	96,2	112,5	116,9	136,1	109,9	127,6	131,9
EH_05	62,4	77,8	89,6	123,7	107,0	111,4	125,4	152,8
EH_06	62,4	77,8	89,6	123,7	92,7	99,4	113,0	142,0
EH_07	112,3	103,5	118,0	134,6	157,5	137,3	154,1	163,9
EH_08	112,3	103,5	118,0	134,6	143,2	125,3	141,8	153,0
EH_09	52,1	51,9	64,3	85,6	135,6	135,2	167,4	222,8
EH_10	52,1	51,9	64,3	85,6	119,3	120,4	153,2	208,9
EH_11	188,4	186,9	233,3	295,2	273,4	271,6	338,2	437,6
EH_12	188,4	186,9	233,3	295,2	257,1	256,8	323,0	423,7

Escenario	Emisiones (t CO <sub>2</sub> /año)				CALIFICACIÓN GLOBAL							
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
EH_01	34,7	30,0	33,0	35,4	C	0,99	D	1,09	C	0,9	C	0,91
EH_02	32,7	27,4	30,2	32,8	C	0,92	D	1,02	C	0,87	C	0,86
EH_03	31,9	26,2	29,9	30,5	C	0,90	C	0,94	C	0,84	C	0,78
<b>EH_04</b>	28,9	23,5	27,2	28,0	C	0,83	C	0,87	C	0,77	<b>C</b>	<b>0,73</b>
EH_05	25,0	25,0	28,0	33,0	C	0,76	C	0,96	C	0,82	C	0,87
<b>EH_06</b>	21,4	22,0	24,9	30,3	<b>C</b>	<b>0,66</b>	<b>C</b>	<b>0,88</b>	<b>C</b>	<b>0,75</b>	C	0,82
EH_07	35,2	30,2	33,8	35,2	D	1,00	D	1,06	C	0,94	C	0,88
EH_08	31,6	27,3	30,7	32,5	C	0,91	C	0,98	C	0,87	C	0,83
EH_09	33,8	33,7	41,7	55,5	C	0,99	D	1,2	D	1,15	E	1,32
EH_10	29,8	30,0	37,9	52,1	C	0,88	D	1,09	D	1,06	D	1,25
<b>EH_11</b>	61,6	61,2	75,5	98,9	<b>F</b>	<b>1,69</b>	<b>F</b>	<b>1,9</b>	<b>F</b>	<b>1,97</b>	<b>G</b>	<b>2,14</b>
EH_12	57,6	57,5	72,4	95,4	E	1,58	F	1,8	F	1,87	G	2,07

En el caso del edificio hotel se observa como el mejor escenario es el número 6, es decir el que considera sistema de calefacción y ACS de gas natural y el sistema de refrigeración eléctrico, sin sistema de cogeneración y generación de electricidad fotovoltaica para todas las zonas climáticas, excepto el E1, en el que el mejor escenario es el 4, es decir, sistemas de calefacción y refrigeración a gas, cogeneración y ACS. En esta zona climática, la demanda de refrigeración es muy baja, por lo tanto el sistema de frío casi no tiene consumo energético, por lo tanto la diferencia en los rendimientos entre un sistema eléctrico de frío o un sistema de gas no tiene tanto peso como en el resto de zonas climáticas.

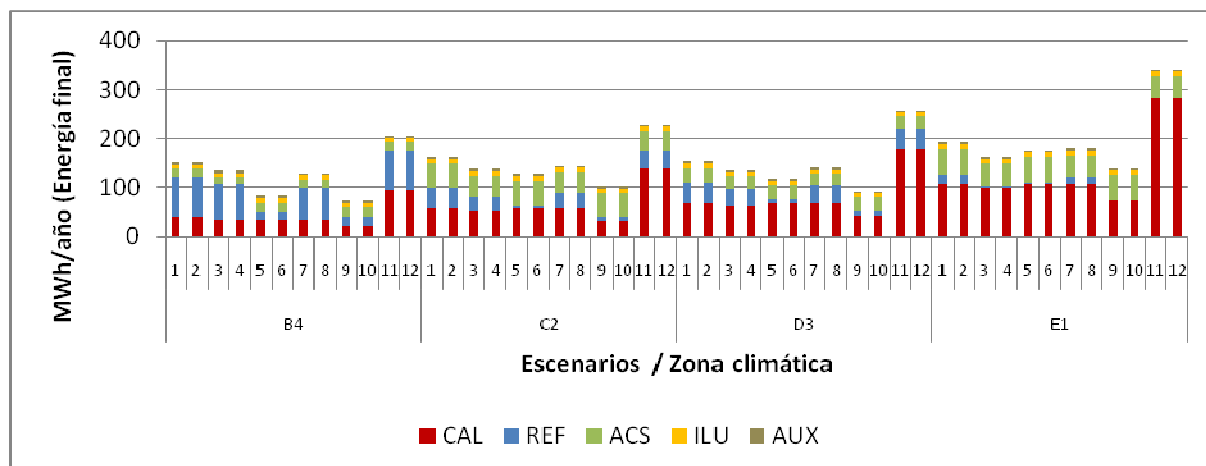
Es significativo observar como, para este edificio, en los escenarios en los que la refrigeración es eléctrica, la existencia del equipo de cogeneración hace aumentar las emisiones en las zonas climáticas con demanda en refrigeración (B4, C2 y D3). Este edificio, a diferencia de los anteriores, tiene demanda en Agua Caliente Sanitaria, es por este motivo que los escenarios con refrigeración eléctrica, también se ha incluido la opción del equipo de cogeneración. Este escenario se justifica porque la demanda de ACS es anual, por lo tanto, existe una demanda constante de calor que suministraría, en parte, el equipo de cogeneración. Pero los resultados que arroja CALENER indican que el equipo de cogeneración en estos escenarios no mejora la calificación. Parece ser que ésta es una anomalía del programa, ya que si se observan los resultados parciales (ver Figura 6-20), el consumo eléctrico de refrigeración en la energía primaria o en emisiones de los escenarios con cogeneración es el mismo que en los escenarios sin cogeneración. Es decir, no tiene en cuenta la autoproducción de energía eléctrica por cogeneración. Así las emisiones en refrigeración aumentan considerablemente y no compensan la disminución en las emisiones de calefacción y ACS.

Según CALENER, el peor escenario, en todas las zonas climáticas, es el que considera todo eléctrico (excepto ACS que siempre es de gas) y cogeneración sin autoproducción de energía eléctrica fotovoltaica. La calificación es de F para todas las zonas climáticas excepto E1 que obtiene una G. Esta calificación es extremadamente baja. En este caso, la cogeneración tampoco mejora las emisiones o la calificación. En este escenario, en el que la calefacción también es eléctrica, la energía producida por el equipo de cogeneración no se resta al consumo eléctrico ni de la calefacción, ni de la refrigeración.

Así, las emisiones en el escenario con cogeneración para calefacción y refrigeración son mucho mayores que en el mismo escenario pero sin cogeneración. Así, se confirma la anomalía detectada en CALENER.

Evidentemente, la producción de energía fotovoltaica mejora el indicador de emisiones pero, tampoco en este caso, se consigue cambiar la calificación. Sólo en el caso del escenario todo eléctrico sin cogeneración se consigue pasar de una E a una D.

A continuación se grafican los resultados parciales, divididos en los diferentes usos: calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.

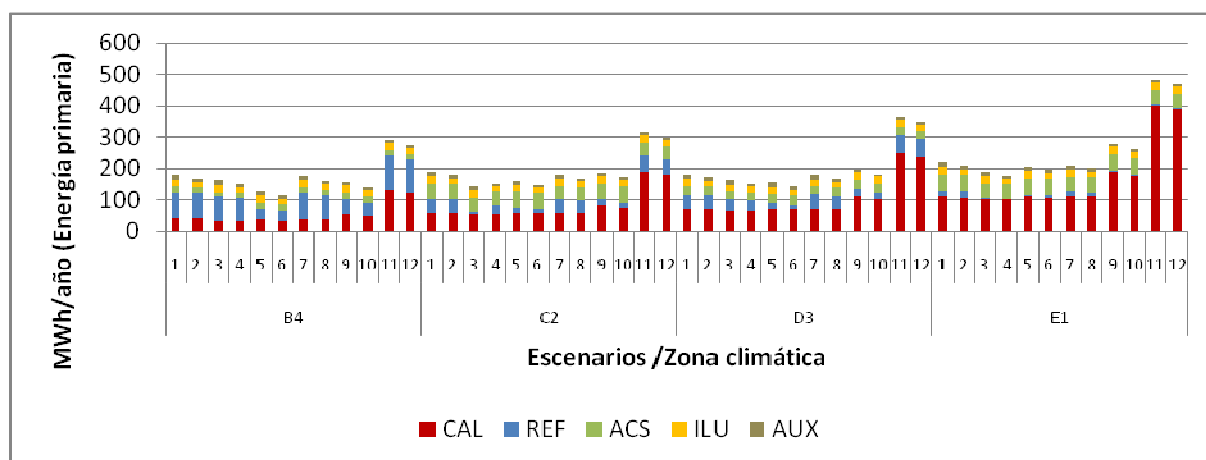


Como en el resto de edificios, se observa como el consumo en calefacción aumenta con la severidad climática de invierno. A pesar de esto, aquí también se observa que el consumo en refrigeración disminuye con la severidad climática de verano. El consumo en iluminación es igual para todas las zonas climáticas.

El consumo en auxiliares depende de los sistemas de clima, pero son constantes en todas las zonas climáticas.

El consumo disminuye cuando la aportación eléctrica aumenta, excepto en los casos que se considera cogeneración cuando la calefacción y/o la refrigeración son eléctricos (7 – 8). La disminución en el consumo se debe sobre todo al consumo en refrigeración, ya que los rendimientos de las máquinas eléctricas de refrigeración son superiores que el rendimiento de una máquina de absorción de simple efecto. Anteriormente, se comentó la anomalía detectada en el tratamiento de los equipos de cogeneración en los usos de calefacción y refrigeración cuando éstos son eléctricos.

Si se observa el gráfico anterior la energía final no disminuye en los escenarios que consideran generación de electricidad con fotovoltaica. Esto es así, porque, en realidad el consumo final es el mismo, lo que variará será la energía primaria consumida, como puede verse en la siguiente figura.

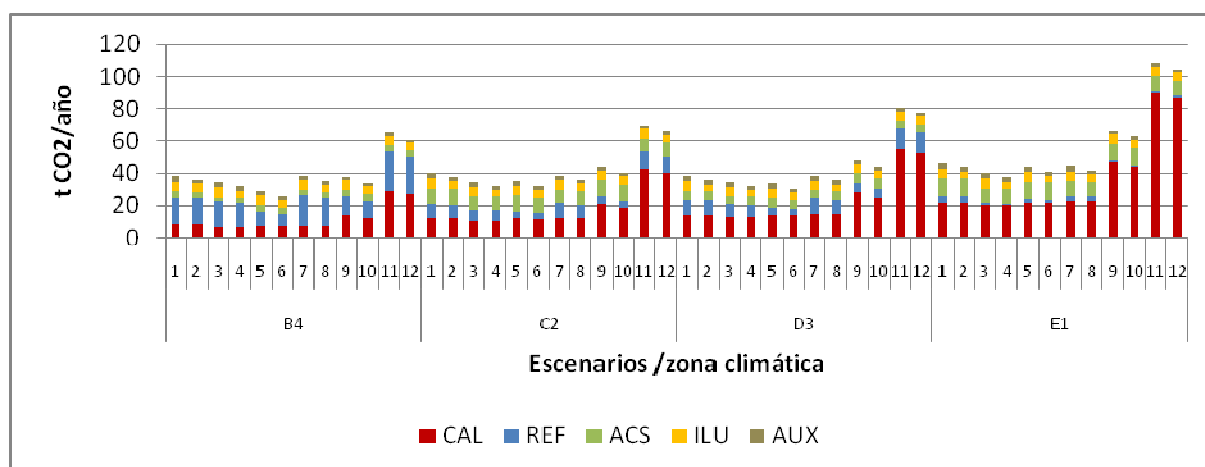


Efectivamente, la energía global, cuando se introduce la generación de electricidad fotovoltaica es menor. Se reduce el consumo de electricidad porque se considera que la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica es consumida directamente en el edificio. En este caso el porcentaje de autoproducción eléctrica es menos significativo que en otros edificios ya que la superficie de cubierta es menor.

Teniendo en cuenta, el consumo en energía primaria, los escenarios 11 y 12 (eléctricos con cogeneración) tienen el consumo más elevado en todas las zonas climáticas. El motivo de este aumento en las emisiones ya se ha explicado anteriormente y se debe, básicamente a un mal funcionamiento del programa.

Sin tener en cuenta estos dos escenarios, el consumo en energía primaria de los escenarios 1 y 2 (gas natural sin cogeneración) tienen el consumo más elevado en todas las zonas climáticas excepto en las zonas D3 y E1. Este consumo es mayor debido al menor rendimiento de las máquinas de absorción en las zonas climáticas con mayor demanda en refrigeración. Ahora bien, el escenario eléctrico (9-10) tiene un consumo mayor que el de gas natural con cogeneración (3-4) y el gas natural / eléctrico (7-8). Las zonas climáticas D3 y E1, tienen una demanda de refrigeración más baja, así la disminución en el consumo de refrigeración, no compensa el aumento en la calefacción.

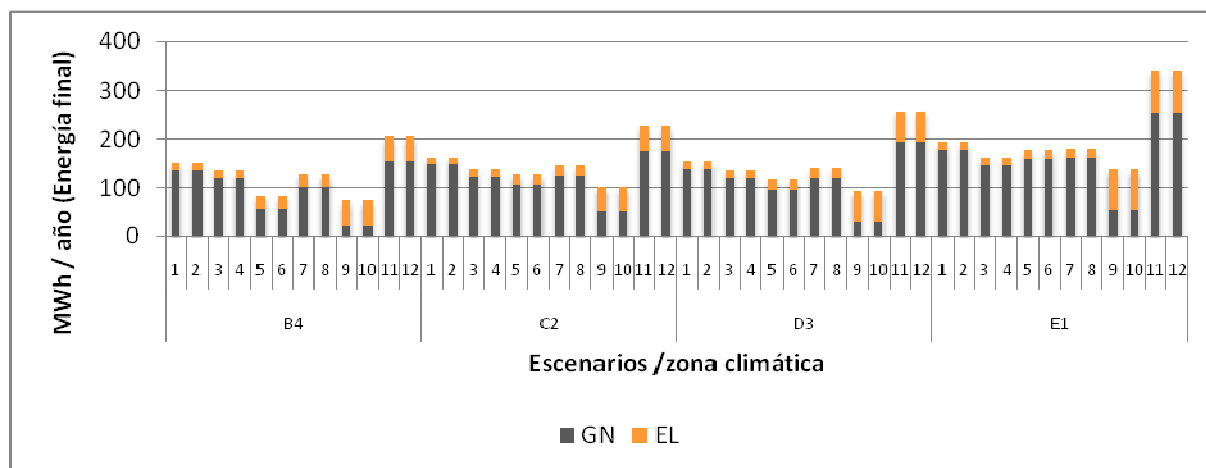
En la siguiente figura, se puede observar como la tendencia si se grafican las emisiones es la misma que la energía primaria.



**Figura 6-22** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio hotel. Usos

La evaluación de las emisiones lleva a las mismas conclusiones que la evaluación de energía primaria, incluso la diferencia en emisiones entre los escenarios eléctricos y los de gas son ligeramente superiores.

Los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad son los siguientes.

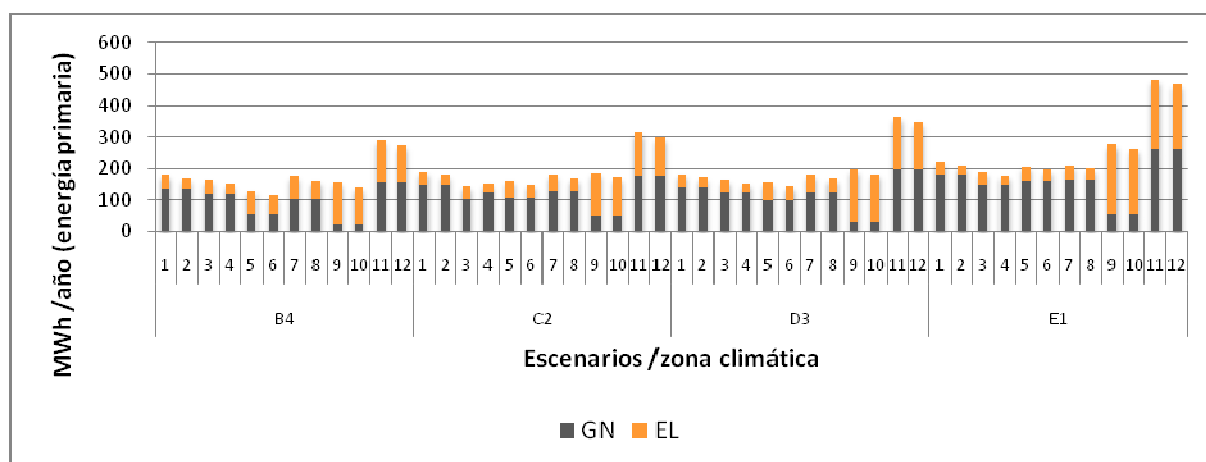


**Figura 6-23** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio hotel. Gas natural y electricidad

La relación entre el consumo de energía final y el consumo de energía primaria es el factor de paso de energía final a energía primaria.

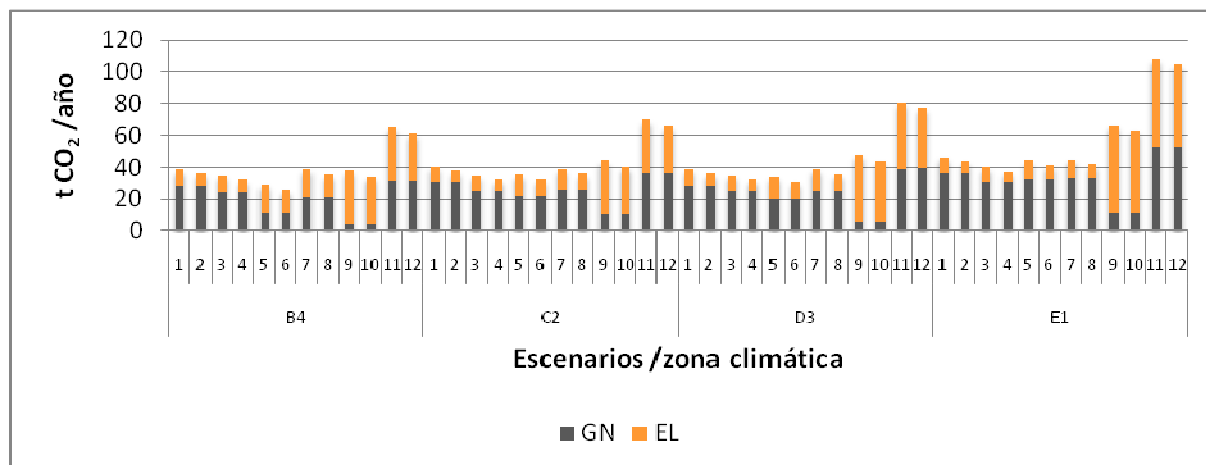
En el edificio hotel, el factor de paso de la electricidad es 0.38 y en el caso de gas natural es 0.99, evidentemente, igual que en el resto de edificios. Ahora bien, si existe producción fotovoltaica, el factor de paso de la electricidad puede ser de hasta 0.54.

El factor de paso, varía entre 0.54 y 0.43 en función del escenario. El factor de paso disminuye ligeramente cuando aumenta la proporción de electricidad.



**Figura 6-24** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio hotel. Gas natural y electricidad

En el caso de las emisiones, el factor de conversión entre el consumo de energía final y las emisiones es 0.21 kg CO<sub>2</sub> / kWh para gas natural y 0.65 kg CO<sub>2</sub> / kWh para electricidad. Esto explica que las emisiones aumenten de forma más pronunciada con el consumo eléctrico que con el consumo de gas.



**Figura 6-25** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio hotel. Gas natural y electricidad

En los gráficos anteriores se observa la disminución en el consumo de gas natural en los escenarios que consideran la cogeneración (3-4) respecto a los escenarios de gas natural sin cogeneración (1-2). Aunque el consumo y emisiones debidas a la electricidad son prácticamente las mismas. Como se ha dicho anteriormente, parece ser que la producción eléctrica de la cogeneración no se tiene en cuenta.



## 6.5 Edificio polideportivo

Los escenarios que se han simulado del edificio polideportivo son:

**Tabla 6-9 Escenarios edificio polideportivo**

NOM	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	ACS	COGENERACIÓN	FOTOVOLTAICA
EP_01	GN	GN	GN	NO	NO
EP_02	GN	GN	GN	NO	SI
EP_03	GN	GN	GN	SI	NO
EP_04	GN	GN	GN	SI	SI
EP_05	GN	EL	GN	NO	NO
EP_06	GN	EL	GN	NO	SI
EP_07	GN	EL	GN	SI	NO
EP_08	GN	EL	GN	SI	SI

Los resultados globales obtenidos por el centro comercial se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 6-10 Resultados Edificio polideportivo. Consumo energía final, energía primaria, emisiones y calificación global.**

Escenario	Energía final (MWh/año)				Energía primaria ( MWh/año)			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
EH_01	359,0	344,8	339,7	517,9	442,9	423,9	421,6	597,2
EH_02	359,0	344,8	339,7	517,9	416,4	400,1	397,1	574,8
EH_03	274,4	238,6	257,1	377,3	357,1	316,8	337,6	454,3
EH_04	274,4	238,6	257,1	377,3	333,6	293,1	313,2	432,1
EH_05	222,9	292,6	347,6	506,2	347,3	384,5	442,3	588,5
EH_06	222,9	292,6	347,6	506,2	313,5	358,3	415,3	565,5
EH_07	253,4	243,7	294,5	387,0	374,6	334,7	388,3	467,4
EH_08	253,4	243,7	294,5	387,0	340,8	308,6	361,4	444,6

Escenario	Emisiones (t CO <sub>2</sub> /año)				CALIFICACIÓN GLOBAL							
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
<b>EH_01</b>	95,7	91,7	91,1	126,2	<b>C</b>	<b>0,67</b>	<b>C</b>	<b>0,76</b>	<b>C</b>	<b>0,65</b>	<b>C</b>	<b>0,69</b>
EH_02	89,0	85,7	85,0	120,6	B	0,62	C	0,72	B	0,61	C	0,66
EH_03	78,2	69,8	74,2	97,3	B	0,55	B	0,59	B	0,53	B	0,53
<b>EH_04</b>	72,4	63,9	68,1	91,8	B	0,51	<b>B</b>	<b>0,54</b>	B	<b>0,49</b>	<b>B</b>	<b>0,51</b>
EH_05	79,6	84,5	96,3	124,7	B	0,56	C	0,71	<b>C</b>	<b>0,67</b>	C	0,68
<b>EH_06</b>	71,1	78,0	83,8	119,0	<b>B</b>	<b>0,50</b>	C	0,66	B	0,62	C	0,65
EH_07	84,8	74,4	85,4	100,2	B	0,61	B	0,62	B	0,59	B	0,55
EH_08	76,4	67,9	78,7	94,5	B	0,55	B	0,57	B	0,55	B	0,52

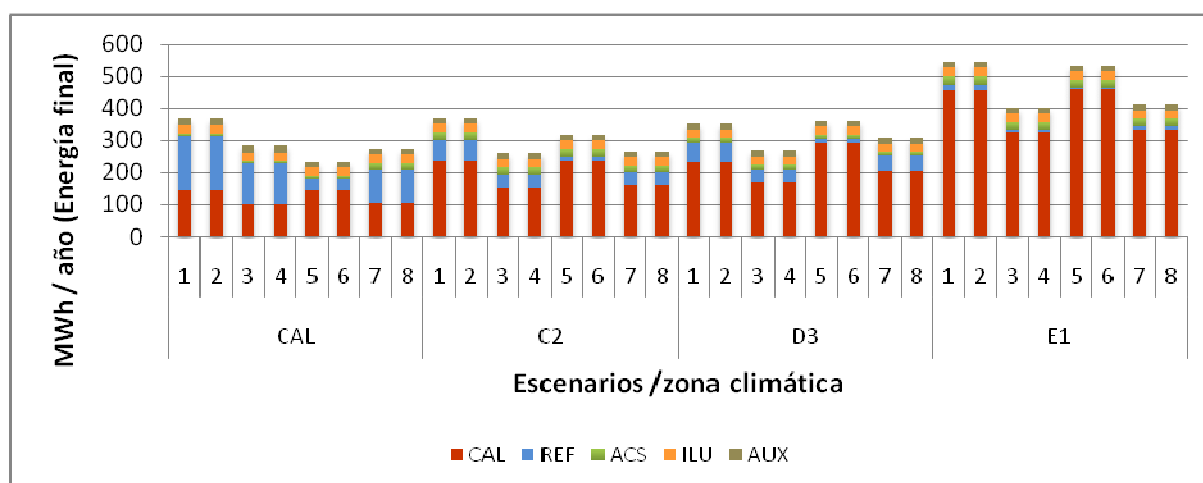
En el caso del edificio polideportivo se observa como el mejor escenario es el número 4, es decir el que considera sistema de calefacción, refrigeración y ACS de gas natural con sistema de cogeneración y generación de electricidad fotovoltaica para todas las zonas climáticas, excepto la B4, en el que el mejor escenario es el 6, es decir, sistemas de calefacción a gas, refrigeración eléctrico, sin cogeneración y con fotovoltaica. En esta zona climática (B4 – Sevilla), la demanda de refrigeración es más elevada, y por lo tanto el mayor rendimiento del sistema de frío eléctrico compensa el mayor factor de emisión de la electricidad. Aunque se observa que las emisiones totales en esta zona climática en el escenario 4 y 6 son muy similares, 72.4 y 71.1 t CO<sub>2</sub>/año respectivamente. En cualquier caso, las calificaciones llegan a ser igual a B.

Es significativo observar como, para este edificio, en los escenarios en los que la refrigeración es eléctrica (del 5 al 8), la existencia del equipo de cogeneración (escenario 7) hace aumentar las emisiones en las zonas climáticas con mayor demanda de refrigeración. (B5)

Al igual que el edificio hotel, este edificio sí que tiene demanda en Agua Caliente Sanitaria, es por este motivo que los escenarios con refrigeración eléctrica, también se ha incluido la opción del equipo de cogeneración. Este escenario se justifica porque la demanda de ACS es anual, por lo tanto, existe una demanda constante de calor que suministraría, en parte, el equipo de cogeneración. Pero, al igual que pasaba en el edificio hotel, los resultados que arroja CALENER indican que el equipo de cogeneración en estos escenarios no mejora la calificación, en las zonas climáticas con mayor necesidad de refrigeración. Parece ser que ésta es una anomalía del programa, ya que si se observan los resultados parciales, el consumo eléctrico de refrigeración en la energía primaria o en emisiones de los escenarios con cogeneración es el mismo que en los escenarios sin cogeneración. Es decir, no tiene en cuenta la autoproducción de energía eléctrica por cogeneración. Así las emisiones en refrigeración aumentan considerablemente y no compensan la disminución en las emisiones de calefacción y ACS.

Según CALENER, el peor escenario, en las zonas climáticas B4, C2 y E1 es el escenario “sólo gas” sin cogeneración ni fotovoltaica. En el caso de las zonas D3, el peor, es el que considera la refrigeración eléctrica y cogeneración sin autoproducción de energía eléctrica fotovoltaica. Aunque la calificación en todos los casos es igual a C.

La producción de energía fotovoltaica mejora el indicador de emisiones pero, tampoco en este caso, se consigue cambiar la calificación en todos los casos. Sólo en el caso del escenario todo gas en B4 y D3 sin cogeneración se consigue pasar de una C a una B. En la zona climática D3 también se pasa de una C a una B en el escenario de calefacción a gas y refrigeración eléctrica sin cogeneración. La cogeneración en el escenario “todo gas” consigue mejorar la calificación pasando de una C a una B en todas las zonas climáticas. A continuación se grafican los resultados parciales, divididos en los diferentes usos: calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.

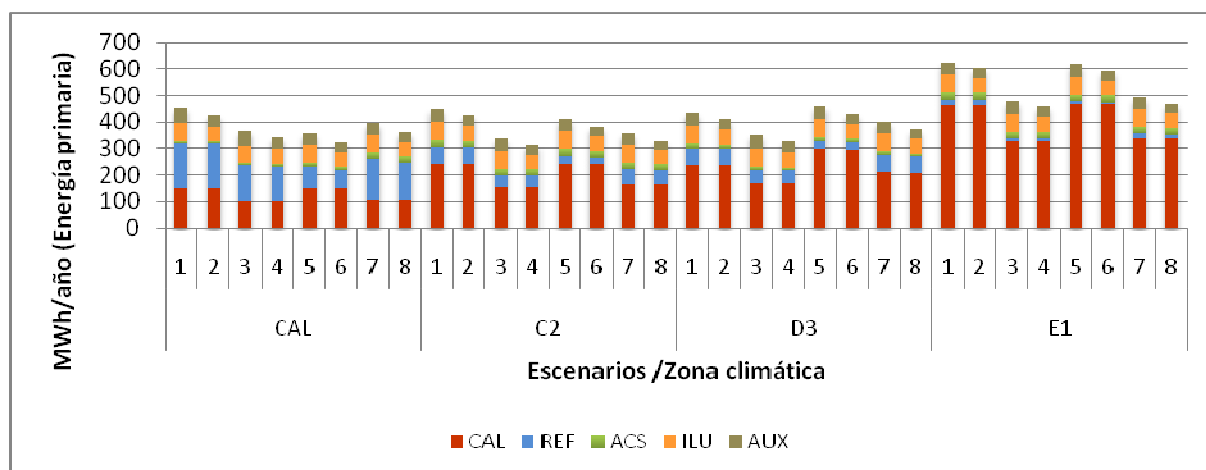


**Figura 6-26** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Usos

Se observa como el consumo en calefacción aumenta con la severidad climática de invierno,. También se observa una disminución en el consumo en refrigeración al disminuir la severidad climática de verano. El consumo en iluminación es igual para todas las zonas climáticas y el de ACS también.

El consumo en auxiliares depende de los sistemas de clima, pero son constantes en todas las zonas climáticas.

Si se observa el gráfico anterior la energía final no disminuye en los escenarios que consideran generación de electricidad con fotovoltaica. Esto es así, porque, en realidad el consumo final es el mismo, lo que variará será la energía primaria consumida, como puede verse en la siguiente figura.

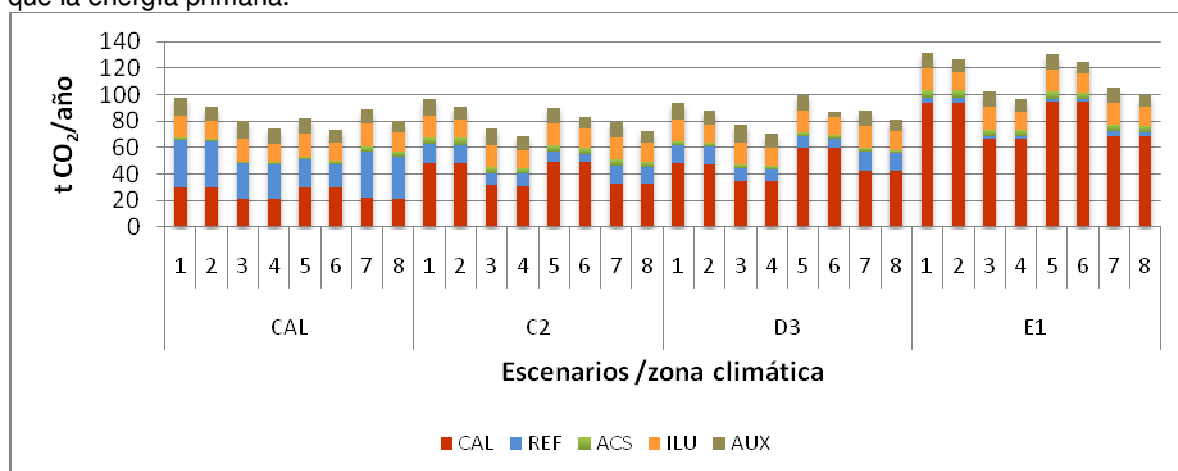


**Figura 6-27** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Usos

Efectivamente, la energía global, cuando se introduce la generación de electricidad fotovoltaica es menor. Se reduce el consumo de electricidad porque se considera que la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica es consumida directamente en el edificio.

El consumo en energía primaria de los escenarios 1 y 2 (gas natural sin cogeneración) es el más elevado en todas las zonas climáticas. Este consumo es mayor debido al menor rendimiento de las máquinas de absorción para refrigeración.

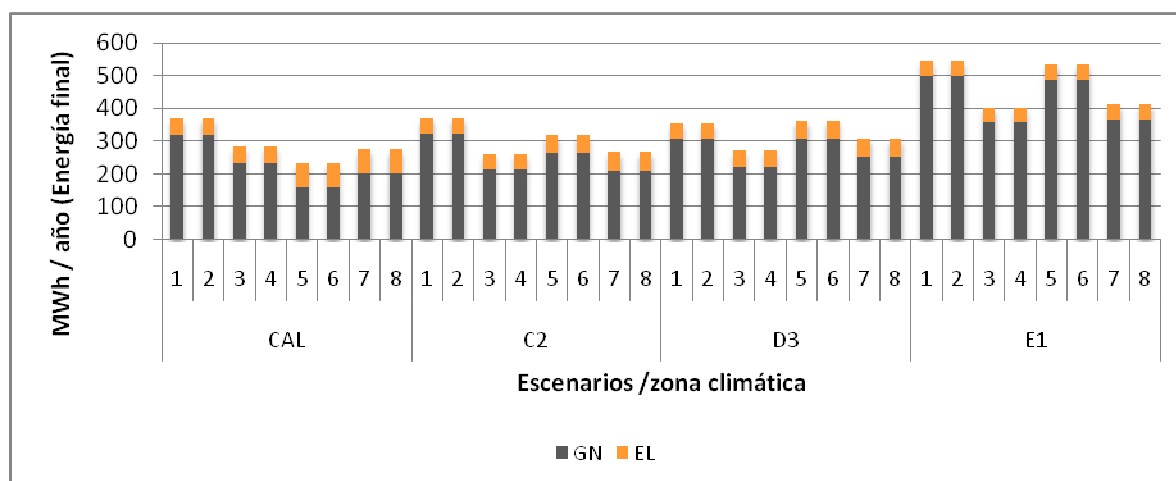
En la siguiente figura, se puede observar como la tendencia si se grafican las emisiones es la misma que la energía primaria.



**Figura 6-28** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Usos

La evaluación de las emisiones lleva a las mismas conclusiones que la evaluación de energía primaria, incluso la diferencia en emisiones entre los escenarios eléctricos y los de gas son ligeramente superiores.

Los resultados de consumo de energía primaria, final y emisiones separando los consumos de gas y electricidad son los siguientes.

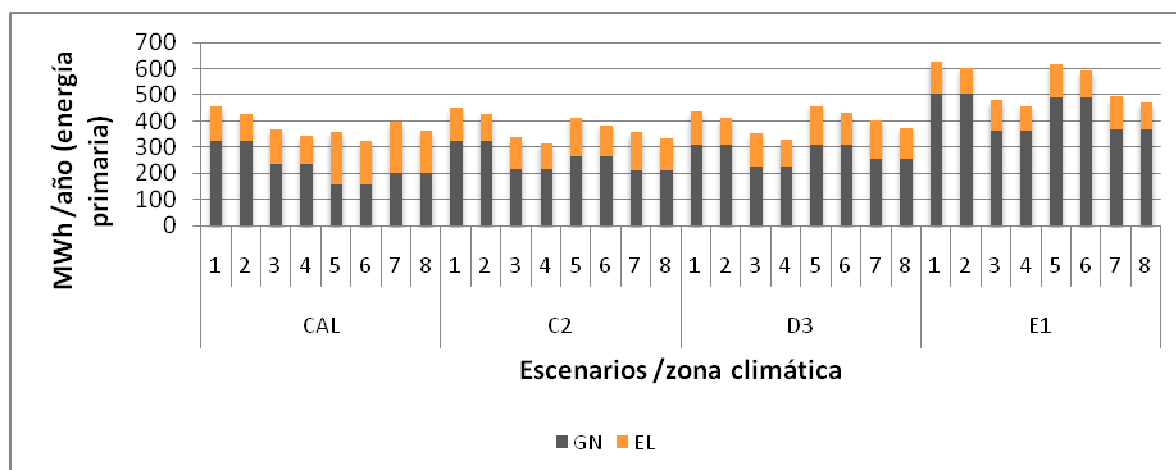


**Figura 6-29** Energía final MWh/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Gas natural y electricidad

La relación entre el consumo de energía final y el consumo de energía primaria es el factor de paso de energía final a energía primaria.

En el edificio polideportivo, el factor de paso de la electricidad es 0.38 y en el caso de gas natural es 0.99, evidentemente, igual que en el resto de edificios. Ahora bien, si existe producción fotovoltaica, el factor de paso de la electricidad puede ser de hasta 0.49.

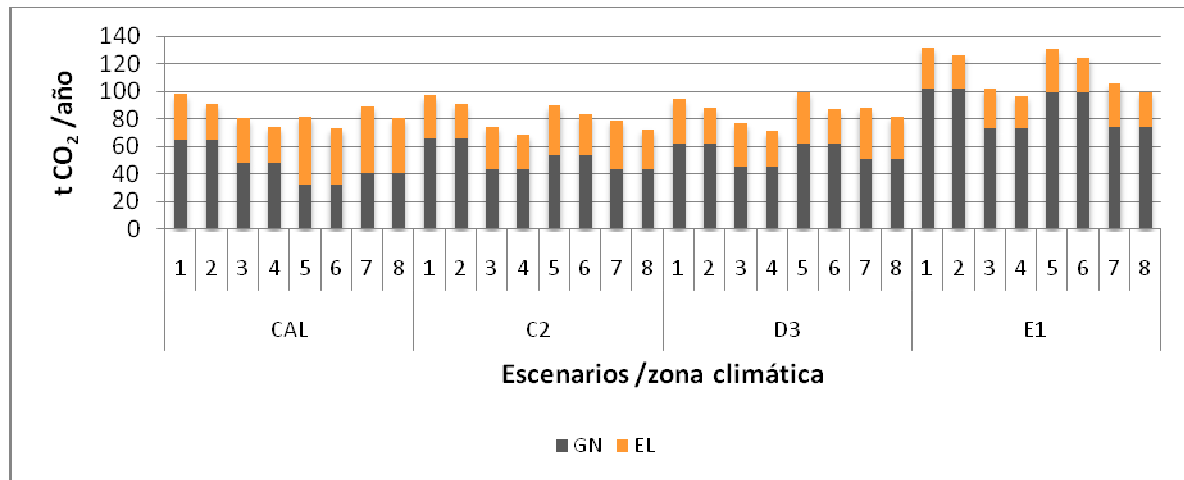
El factor de paso, varía entre 0.49 y 0.45 en función del escenario. El factor de paso disminuye ligeramente cuando aumenta la proporción de electricidad.



**Figura 6-30** Energía primaria MWh/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Gas natural y electricidad

En el caso de las emisiones, el factor de conversión entre el consumo de energía final y las emisiones es 0.21 kg CO<sub>2</sub> / kWh para gas natural y 0.65 kg CO<sub>2</sub> / kWh para electricidad. Esto explica que las

emisiones aumenten de forma más pronunciada con el consumo eléctrico que con el consumo de gas.



**Figura 6-31** Emisiones t CO<sub>2</sub>/año según zona climática y escenario. Edificio polideportivo. Gas natural y electricidad

En los gráficos anteriores se observa la disminución en el consumo de gas natural en los escenarios que consideran la cogeneración (3-4) (7-8) respecto a los escenarios de gas natural sin cogeneración (1-2) (5-6). Aunque el consumo y emisiones debidas a la electricidad son prácticamente las mismas. Como se ha dicho anteriormente, parece ser que la producción eléctrica de la cogeneración no se tiene en cuenta.

## 7 Análisis Calener GT – Limitaciones del programa

En este capítulo se pretende poner de manifiesto ciertas anomalías detectadas en el funcionamiento de CALENER GT. Se ha intentado, sin éxito, encontrar una explicación razonable en la interpretación de estos resultados. Así en este capítulo se explicarán y se aportarán los resultados numéricos que hacen pensar que CALENER GT no trata de forma correcta el funcionamiento de ciertos equipos y sistemas.

Los equipos y sistemas que se discuten en este apartado son los siguientes:

- Sistema de climatización
- Cogeneración
- Generación de energía fotovoltaica
- Agua caliente sanitaria
- Curvas de funcionamiento por defecto de los generadores de ACS

### 7.1 Sistema de climatización

Los sistemas definidos correspondientes a las instalaciones de climatización y ACS vienen predefinidos. Por consiguiente la introducción de un sistema alternativo o sencillamente no contemplado en la concepción de Calener GT implica una modelización de los mismos. Esto hace perder versatilidad al programa. Calener GT requiere de actualizaciones continuas en la base de datos de acuerdo con la evolución del mercado.

### 7.2 Cogeneración

Como se ha visto en el capítulo anterior de análisis de resultados, la calificación global mejora si existe un sistema de cogeneración que, además de producir electricidad, aproveche la energía residual para la calefacción en invierno y para la refrigeración en verano. A pesar de esto, si se analizan los valores numéricos de consumos y emisiones, parece ser que los sistemas de cogeneración en CALENER GT no se tratan de forma correcta. Se han detectado las siguientes incongruencias:

- No se considera la producción eléctrica generada por el equipo de cogeneración. En ningún caso, el consumo de energía primaria se reduce en los usos eléctricos. En la siguiente tabla se puede ver como el consumo de energía primaria de los usos de iluminación son idénticos en el escenario 1 (GN/GN sin cogeneración) y 3 (GN/GN con cogeneración) y muy similares en los equipos auxiliares. (Ver celdas resaltadas)

**Tabla 7-1 Consumos energía final y primaria por usos. Edificio administrativo, B4**

		CONSUMO ENERGÍA FINAL (MWh/año)									CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA (MWh /año)								
		CAL		REF		ILU	AUX	TOTAL			CAL		REF		ILU	AUX	TOTAL		
ZC	Esc	GN	EL	GN	EL	EL	EL	GN	EL	TOTAL	GN	EL	GN	EL	EL	EL	GN	EL	TOTAL
B4	1	31,2	0,2	142,9	2,4	25,2	9,8	174,1	37,6	211,7	31,5	0,4	144,5	6,2	65,7	25,5	176,0	97,9	273,9
	2	31,2	0,2	142,9	2,4	25,2	9,8	174,1	37,6	211,7	31,5	0,3	144,5	4,8	50,5	19,6	176,0	75,2	251,2
	3	25,2	0,2	52,7	2,0	25,2	33,0	101,7	36,7	138,4	25,5	0,5	53,3	5,3	65,7	24,1	78,7	95,6	174,3
	4	25,2	0,2	52,7	2,0	25,2	33,0	101,7	36,7	138,4	25,5	0,4	53,3	4,1	50,4	18,4	78,7	73,2	152,0
	5	31,4	0,1	0,0	28,0	25,2	7,4	31,4	60,8	92,2	31,8	0,4	0,0	72,9	65,7	19,3	31,8	158,3	190,1
	6	31,4	0,1	0,0	28,0	25,2	7,4	31,4	60,8	92,2	31,8	0,3	0,0	58,6	52,9	15,6	31,8	127,4	159,1
	7	0,0	13,7	0,0	37,6	25,2	4,2	0,0	80,7	80,7	0,0	35,6	0,0	98,0	65,7	10,9	0,0	210,2	210,2
	8	0,0	13,7	0,0	37,6	25,2	4,2	0,0	80,7	80,7	0,0	29,5	0,0	81,1	54,4	9,0	0,0	174,0	174,0

- Aparecen emisiones de gas para consumos eléctricos que luego no se contabilizan en las emisiones globales para determinar la calificación. En la siguiente tabla se pueden ver los valores que da, CALENER GT, por usos y en la última columna los valores globales que tiene en cuenta a la hora de dar la calificación. Como se puede ver, en los escenarios con cogeneración (3 y 4), los resultados totales no coinciden. La diferencia entre el valor total considerado en la calificación (última columna) y los valores totales calculados de la suma de todas las emisiones coincide, exactamente, con las emisiones de gas en los usos eléctricos (celdas resaltadas en verde)

**Tabla 7-2 Emisiones por usos. Edificio administrativo, zona climática B4**

		EMISIONES (t CO <sub>2</sub> /año)																			CAL
		CAL			REF			ACS			ILU			AUX			TOTAL			CAL	
ZC	Esc	GN	EL	CAL	GN	EL	REF	GN	EL	ACS	GN	EL	ILU	GN	EL	AUX	GN	EL	TOT	TOT	
B4	1	6,4	0,1	6,5	29,2	1,6	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	16,4	0,0	6,4	6,4	35,5	24,4	59,9	59,9	
	2	6,4	0,1	6,4	29,2	1,2	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	12,6	0,0	4,9	4,9	35,5	18,7	54,2	54,2	
	3	5,1	0,1	5,3	10,7	1,3	12,1	0,0	0,0	0,0	16,7	16,4	33,1	4,9	6,0	10,8	37,4	23,8	61,2	39,7	
	4	5,1	0,1	5,2	10,7	1,0	11,8	0,0	0,0	0,0	16,7	12,6	29,3	4,9	4,6	9,4	37,4	18,3	55,7	34,2	
	5	6,4	0,1	6,5	0,0	18,2	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	16,4	0,0	4,8	4,8	6,4	39,5	45,9	45,9	
	6	6,4	0,1	6,5	0,0	14,6	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	13,2	0,0	3,9	3,9	6,4	31,8	38,2	38,2	
	7	0,0	8,9	8,9	0,0	24,4	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	16,4	0,0	2,7	2,7	0,0	52,4	52,4	52,4	
	8	0,0	7,4	7,4	0,0	20,2	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	13,6	0,0	2,2	2,2	0,0	43,4	43,4	43,4	

- Imposibilidad de crear un equipo de cogeneración que suministre calor al circuito de agua caliente procedente de la caldera en invierno y al circuito de agua caliente que alimenta la máquina de absorción en verano. Se deben crear dos máquinas, una para cada circuito. Por otro lado, el motor de cogeneración no admite un bypass en función del régimen estacional en el que se esté (verano, invierno), por este motivo el escenario GN/GN tiene como sistema un circuito 4 tubos que contiene dos máquinas

### 7.3 Generación fotovoltaica

- Cuando existe producción de energía eléctrica mediante placas fotovoltaicas, el factor de paso de energía eléctrica final a energía eléctrica primaria varía en función del escenario considerado para una misma zona climática. No se ha encontrado ninguna justificación a la variación de este factor. Parece que sería más lógico, restar al consumo de energía eléctrica primaria, la energía eléctrica producida en el propio edificio por las placas fotovoltaicas.

**Tabla 7-3 Factor de paso de energía eléctrica final a primaria según escenarios. Edificio administrativo. Zona climática B4**

ZC	ESCENARI	CAL	REF	COG	FV	FACTOR DE PASO (Electricidad final /electricidad primaria)
B4	1	GN	GN	NO	NO	0,384
	2	GN	GN	NO	SI	0,501
	3	GN	GN	SI	NO	0,384
	4	GN	GN	SI	SI	0,477
	5	GN	EL	NO	NO	0,384
	6	GN	EL	NO	SI	0,464
	7	EL	EL	No	NO	0,384
	8	EL	EL	No	SI	0,501

- Además, en algún escenario se obtienen ahorros absolutos anuales en energía eléctrica primaria superiores a la energía eléctrica producida anualmente.

**Tabla 7-4 Energía fotovoltaica producida y energía primaria ahorrada en los escenarios con FV. Edificio administrativo. Zona climática B4**

ZC	ESCENARI	CAL	REF	COG	FV	Energía FV producida (MWh /año)	Energía eléctrica primaria ahorrada
B4	2	GN	GN	NO	SI	28.4	22,7
	4	GN	GN	SI	SI	28.4	22,3
	6	GN	EL	NO	SI	28.4	30,9
	8	EL	EL	No	SI	28.4	36,1

## 7.4 Agua Caliente Sanitaria

- Si el sistema de ACS es una caldera mixta, en CALENER GT hay que duplicar la caldera porque un mismo equipo no puede pertenecer a dos circuitos.
- El porcentaje de aportación solar según normativa es el que corresponde a un sistema de ACS eléctrico, es decir, de efecto joule. Esto es así porque es el que utiliza el edificio de referencia. Parece que no es lógico que CALENER compare el edificio siempre con un sistema efecto joule. Si el sistema generador de ACS del edificio es de gas, el porcentaje mínimo de aportación solar para ACS según HE-4 es inferior al que se debe considerar si el sistema es de efecto joule. Por ejemplo, en Barcelona (C2) si el sistema es de gas, el edificio debe tener una aportación mínima solar para ACS de 30% y si el sistema es eléctrico de 63%. Esto implica que, aún cumpliendo normativa, el consumo de energía para ACS y las emisiones van a ser superiores que las del edificio de referencia y por tanto, la calificación parcial va a ser peor.

## 7.5 Curvas de funcionamiento calderas

- Se ha comprobado que los rendimientos a carga parcial que se obtienen de las curvas de funcionamiento que aparecen por defecto en CALENER GT son muy bajos. Esto hace aumentar el consumo de energía para ACS, de forma considerable. Para ajustar el consumo a los consumos reales se tiene que redefinir la potencia del equipo de ACS y ajustarla a la demanda de ACS o bien introducir curvas de funcionamiento reales. En este informe se quiere poner de manifiesto que las curvas de funcionamiento de los equipos generadores de ACS no se aproximan a la realidad.



## 8 Conclusiones

Las principales conclusiones que se han obtenido al realizar este estudio son:

- La peor calificación la obtiene el edificio hotel, probablemente, por el mayor consumo en ACS, obteniendo C en el mejor escenario y F en el peor. El resto de edificios siempre obtienen la misma calificación, B en el mejor escenario y C en el peor. Estas calificaciones se obtienen sea cuál sea la zona climática. Hay que tener en cuenta que en el hotel el consumo en ACS es más elevado y que la calificación parcial del ACS siempre es muy baja al ser comparada la aportación solar de ACS con el porcentaje que debería tener si el sistema de apoyo fuera efecto Joule. Esto hace que la calificación global sea peor.
- La producción de fotovoltaica siempre mejora las emisiones pero no en todos los casos esta mejora es suficiente para mejorar la calificación obtenida.
- En los edificios sin demanda de ACS, sólo se ha tenido en cuenta la cogeneración en los escenarios que consideran la refrigeración con gas natural con máquina de absorción. En estos casos, la mejora en el consumo de gas del equipo de frío hace mejorar la calificación obtenida en todos los casos, llegando en la mayoría de los edificios (excepto en el hotel) a una B. Esta mejora se consigue aún sin tener en cuenta la mejora en las emisiones debido a la autoproducción eléctrica del equipo de cogeneración.
- Los resultados obtenidos en cuanto al mejor y al peor escenario para cada edificio y zona climática se resumen en las siguientes tablas. Se marca en rojo los resultados obtenidos que evidencian anomalías en el funcionamiento del software.

<b>E1 (Burgos)</b>	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN
	Cog Si	FV Si	Cog Si	FV Si	-	FV Si	Cog Si	FV Si	Cog Si	FV Si
<b>C2 (BCH)</b>	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal GN	Ref elect	Cal GN	Ref GN
	Cog Si	FV Si	Cog Si	FV Si	-	FV Si	Cog No	FV Si	Cog Si	FV Si
<b>D3 (Madrid)</b>	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal GN	Ref elect	Cal GN	Ref GN
	Cog Si	FV Si	Cog Si	FV Si	-	FV Si	Cog No	FV Si	Cog Si	FV Si
<b>B-4 (Sevilla)</b>	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal GN	Ref elect	Cal GN	Ref elect
	Cog Si	FV Si	Cog Si	FV Si	-	FV Si	Cog No	FV Si	Cog No	FV Si
	<b>Edif. Adminis.</b>		<b>Centro comercial</b>		<b>Edif. Docente</b>		<b>Edif. Hotel</b>		<b>Polidepor tivo</b>	

**Figura 8-1** Resumen de la mejor calificación en todos los edificios y zonas climáticas



**Tabla 8-1** Mejor escenario para la zona climática B4 según edificio

Edificio	Mejor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Docente	Gas Natural	-	-	Sí	B
Hotel	Gas Natural	Eléctrica	No	Sí	C
Polideportivo	Gas Natural	Eléctrica	No	Sí	B

- Para todos los edificios la mejor opción considera la calefacción con gas y la generación eléctrica con fotovoltaica, obteniendo en todos los edificios una calificación de B excepto en el hotel.
- En cuanto a la refrigeración y la cogeneración hay que destacar que el edificio hotel y el polideportivo son los que tienen menos demanda de refrigeración, así en este caso parece ser que la refrigeración con gas natural aún cuando se incluye la cogeneración no compensa la diferencia de rendimiento entre el equipo eléctrico y la máquina de absorción. El COP de la máquina de absorción es de 0,63, mientras que las enfriadoras por compresión convencionales tienen un COP de 2,8. A pesar que las emisiones asociadas 1 kWh eléctrico son superiores (0.65 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub>) a las asociadas a 1 kWh de gas natural (0.21 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>), este factor no es suficiente para compensar el mayor consumo de gas de la máquina de absorción.
- En cualquier caso, si Calener tuviese en cuenta la producción eléctrica del equipo de cogeneración, el mejor escenario en todos los casos tendría que incluir la cogeneración.

**Tabla 8-2** Mejor escenario para la zona climática C2 según edificio

Edificio	Mejor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Docente	Gas Natural	-	-	Sí	B
Hotel	Gas Natural	Eléctrica	No	Sí	C
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B

- En esta zona climática la mejor opción en todos los edificios considera la calefacción con gas natural y la producción de electricidad con fotovoltaica
- En cuanto a la refrigeración, en esta zona climática, C2, los consumos de refrigeración en el polideportivo son suficientemente altos como para justificar la refrigeración por absorción incluyendo cogeneración.
- Las calificaciones obtenidas son una B para todos los edificios excepto para el hotel que es una C.

**Tabla 8-3** Mejor escenario para la zona climática D3 según edificio

Edificio	Mejor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Docente	Gas Natural	-	-	Sí	B
Hotel	Gas Natural	Eléctrica	No	Sí	C
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B

- En la zona climática D3 se observa lo mismo que en la C2.

**Tabla 8-4** Mejor escenario para la zona climática E1 según edificio

Edificio	Mejor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B
Docente	Gas Natural	-	-	Sí	B
Hotel	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	C
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	Sí	Sí	B

- En E1, las necesidades de refrigeración son prácticamente nulas, por este motivo, no es relevante como sea la refrigeración si eléctrica o a gas natural.
- También en esta zona climática las mejores calificaciones son B, excepto para el hotel que vuelve a ser una C.

A continuación se presentan los peores escenarios para cada edificio y zona climática

<b>E1 (Burgos)</b>	Cal Elec	Ref Elec	Cal Elec	Ref Elec	Cal GN	-	Cal Elec	Ref elect	Cal GN	Ref GN
	Cog No	FV No	Cog No	FV No	-	FV No	Cog Si	FV No	Cog No	FV No
<b>C2 (BCH)</b>	Cal Elec	Ref Elec	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal Elec	Ref elect	Cal GN	Ref GN
	Cog No	FV No	Cog No	FV No	-	FV No	Cog Si	FV No	Cog No	FV No
<b>D3 (Madrid)</b>	Cal Elec	Ref Elec	Cal Elec	Ref Elec	Cal GN	-	Cal Elec	Ref elect	Cal GN	Ref Elec
	Cog No	FV No	Cog No	FV No	-	FV No	Cog Si	FV No	Cog No	FV No
<b>B-4 (Sevilla)</b>	Cal GN	Ref GN	Cal GN	Ref GN	Cal GN	-	Cal Elec	Ref elect	Cal GN	Ref GN
	Cog No	FV No	Cog No	FV No	-	FV No	Cog Si	FV No	Cog No	FV No
	<b>Edif. Adminis.</b>		<b>Centro comercial</b>		<b>Edif. Docente</b>		<b>Edif. Hotel</b>		<b>Polidepor tivo</b>	

**Figura 8-2** Resumen de la peor calificación en todos los edificios y zonas climáticas



**Tabla 8-5** Peor escenario para la zona climática B4 según edificio

Edificio	Peor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C
Docente	Gas Natural	-	-	No	C
Hotel	Eléctrica	Eléctrica	<b>Sí</b>	No	F
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C

- En los edificios con mayor demanda en refrigeración, administrativo, centro comercial y polideportivo, si la máquina de refrigeración es de absorción con gas natural y no hay equipo de cogeneración la calificación obtenida es la peor. Esto es debido a que si no se puede aprovechar el calor residual del equipo de cogeneración en la máquina de absorción, el consumo de gas y las emisiones son demasiado elevadas, mayores que las de un equipo eléctrico de refrigeración.
- En el caso del hotel, con menor demanda de refrigeración, el peor escenario es el todo eléctrico con cogeneración. Evidentemente, no tiene sentido que el peor escenario sea el que considera cogeneración, cuando existe una demanda constante de calor para aprovechar el calor residual del equipo de cogeneración, como el ACS. Como se ha explicado anteriormente, CALENER no considera la producción de energía eléctrica pero si carga consumo y emisiones de gas en los usos eléctricos sin descontar la energía eléctrica producida. Por este motivo, cuando se considera cogeneración con calefacción y/o refrigeración eléctrica el resultado es peor que sin tener en cuenta la cogeneración.

**Tabla 8-6** Peor escenario para la zona climática C2 según edificio

Edificio	Peor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Eléctrica	Eléctrica	No	No	C
Centro comercial	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C
Docente	Gas Natural	-	-	No	C
Hotel	Eléctrica	Eléctrica	Sí	No	F
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C

- En esta zona climática, C2, se llegan a las mismas conclusiones que en el zona climática B4, pero en este caso como la demanda en refrigeración disminuye un poco respecto a B4, sobretudo en el edificio administrativo, en este edificio el peor escenario es el que considera todo eléctrico sin cogeneración y fotovoltaica. Hay que recordar que para este edificio, como no tiene demanda de ACS, no se considera cogeneración cuando todos los usos son eléctricos, ya que no existe una demanda constante de calor que justifique el equipo de cogeneración.
- Las calificaciones obtenidas son C para todos los edificios excepto para el hotel que obtiene una F.

**Tabla 8-7** Peor escenario para la zona climática D3 según edificio

Edificio	Peor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Eléctrica	Eléctrica	No	No	C
Centro comercial	Eléctrica	Eléctrica	No	No	C
Docente	Gas Natural	-	-	No	C
Hotel	Eléctrica	Eléctrica	Sí	No	F
Polideportivo	Gas Natural	Eléctrica	No	No	C

- El escenario D3, con mayor demanda en refrigeración que C2 pero menos que B4, para el edificio centro comercial ocurre lo mismo que en el administrativo. El peor escenario es el todo eléctrico sin cogeneración ni fotovoltaica.
- Las calificaciones obtenidas son C para todos los edificios excepto para el hotel que obtiene una F.

**Tabla 8-8** Peor escenario para la zona climática E1 según edificio

Edificio	Peor escenario				
	Calefacción	Refrigeración	Cogeneración	Fotovoltaica	Calificación
Administrativo	Eléctrica	Eléctrica	No	No	C
Centro comercial	Eléctrica	Eléctrica	No	No	C
Docente	Gas Natural	-	-	No	C
Hotel	Eléctrica	Eléctrica	Sí	No	F
Polideportivo	Gas Natural	Gas Natural	No	No	C

- En esta zona climática ocurre lo mismo que en D3.
- En cuanto a los factores de paso entre energía final – energía primaria y emisiones – energía final, los valores obtenidos son los siguientes:
  - Energía final / energía primaria:
    - Electricidad:
      - Sin producción de fotovoltaica: 0.38
      - Con producción de fotovoltaica: 0.43 – 0.57 (en función del escenario y del edificio. No se ha encontrado ninguna justificación para esta variación en el factor de paso dentro de un mismo edificio).
        - Administrativo: 0.50 – 0.46
        - Centro comercial: 0.54 – 0.51
        - Docente: 0.70 – 0.84
        - Hotel: 0.57 – 0.43
        - Polideportivo: 0.49 – 0.45
    - Gas natural: 0.99
  - Emisiones / energía final:
    - Electricidad: 0.65
    - Gas natural: 0.21

Conviene destacar, que las limitaciones del programa tanto a la hora de introducir sistemas así como el tratamiento dudoso que hace de determinadas tecnologías, hacen que los resultados obtenidos se deban tomar con cierta cautela.

## 9 Referencias

[DB – HE, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Disponible en [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)

[DB – HE1, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Requisito básico 1. Limitación de demanda. [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)

[DB – HE4, 2006] Documento Básico “Ahorro de Energía” del CTE. Requisito básico 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)

[Decret 21/2006, 20006] DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. DOGC 4574 – 16.2.2006

[Directiva 2002/91/CE 2002] Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de edificios.

[EUROSTAT 2003] Instituto de estadística europea disponible en <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

[EVE, 2005] Ente Vasco de la Energía. La Certificación energética de edificios en el País Vasco. CADEM, Grupo EVE. Junio 2005

[Ferrer, J; Arauzo, I, 2005] Jessica Ferrer, Idoia Arauzo. Anàlisi comparatiu sobre qualificació energètica d'habitatges a Europa.. Congreso de Edificación Sostenible y calificación energética de viviendas. Mataró, Octubre de 2005

[Ivancic, A; Salom, J, 2005] Alex Ivancic, Barcelona Regional i Jaume Salom, Aiguasol. Proposta de metodologia de certificació energètica d'edificis. Projecte CEPEC. Presentación en las jornadas de Certificación organizadas por COAC, el 14 de noviembre de 2005. Disponible en [www.barcelonaenergia.com](http://www.barcelonaenergia.com)

[ITC/386/2007] Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por el que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008(BOE 29-12-08)

[Mityc, 2007] Documento reconocido: “Opción Simplificada para la Calificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas”. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007. Disponible en: <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>

[Molina, JL, 2005] José L. Molina. Certificación Energética de Viviendas. Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Congreso de Edificación Sostenible y calificación energética de viviendas. Mataró, Octubre de 2005

[RD 47/2007, 2007] Real Decreto 47/2007 de 19 de Enero por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de nueva construcción. Enero de 2007

[RD 3142/2006, 2006] Código Técnico de la Edificación. RD 3142/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación. BOE n. 74 de 28/03/2006.

[RESOLUCIÓN 3/10/2007] RESOLUCIÓN de 3 de octubre de 2007la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se hacen públicas las tarifas de suministro de gas natural, el coste unitario de la materia prima y el precio de cesión.

## 10 Anexos

### I. Organismos competentes de las comunidades autónomas

**Tabla 10-1** Organismos competentes de cada Comunidad Autónoma en el proceso de certificación energética de edificios.

ORGANISMO DE CONTACTO POR COMUNIDAD AUTÓNOMA
<b>ANDALUCÍA.</b> AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA C/ Isaac Newton s/n (antiguo pabellón de Portugal), Isla de la Cartuja; 41092 Sevilla Tel: 954-786-335 ; <a href="http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es">www.agenciaandaluzadelaenergia.es</a>
<b>ARAGÓN.</b> DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO Edificio Pignatelli, Pº María Agustín, 36; 50071 Zaragoza Tel: 976-71-40-00; <a href="http://portal.aragob.es">http://portal.aragob.es</a>
<b>ASTURIAS (PRINCIPADO DE).</b> CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y EMPLEO Plaza de España, 1 3º; 33007 Oviedo Tel: 985-27-91-00; <a href="http://www.asturias.es">www.asturias.es</a>  <b>ASTURIAS (PRINCIPADO DE) - FORMACIÓN.</b> FAEN (FUNDACIÓN ASTURIANA DE LA ENERGÍA) C/ Fray Paulino, s/n 33600 - Mieres Tel: 985-46-71-80; <a href="http://www.faen.es">www.faen.es</a>
<b>BALEARES (ILLES).</b> CONSEJERÍA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y ENERGÍA C/ Camí de Son Rapinya, 12; 07013 Palma de Mallorca Tel: 971-17-65-65; <a href="http://www.caib.es">www.caib.es</a>
<b>CANARIAS.</b> CONSEJERÍA DE EMPLEO, INDUSTRIA Y COMERCIO C/ León y Castillo, 200; Edificio Servicios Múltiples III , Planta 4ª; 35071 Las Palmas de Gran Canaria Tel: 902-111-012; <a href="http://www.gobcan.es">www.gobcan.es</a>
<b>CANTABRIA.</b> CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, VIVIENDA Y URBANISMO C/ Vargas 53 - 8ª Planta. 39010 - SANTANDER Tel: 902-13-90-12; <a href="http://www.gobcantabria.es">www.gobcantabria.es</a>
<b>CASTILLA-LA MANCHA.</b> CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Avda. Río Estenilla, s/n ; 45071 TOLEDO Tel: 902-26-70-90; <a href="http://www.jccm.es">www.jccm.es</a>  <b>CASTILLA-LA MANCHA - FORMACIÓN.</b> AGECA (AGENCIA DE LA ENERGÍA DE CASTILLA-LA MANCHA) Parque Científico y Tecnológico. Edificio de Energías Renovables. Avda de la Investigación s/n 02071 Albacete Tel: 902-101-480; <a href="http://www.agecam.es">www.agecam.es</a>
<b>CASTILLA Y LEÓN.</b> CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y EMPLEO C/ Jesús Rivero Meneses, 3. 47014 Valladolid Tel: 983-414-911; <a href="http://www.jcyl.es">www.jcyl.es</a>  <b>CASTILLA Y LEÓN - FORMACIÓN.</b> EREN (ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN) Avda. Reyes Leoneses, 11. 24008 León Tel: 987-849-393; <a href="http://www.eren.jcyl.es">www.eren.jcyl.es</a>



**CANTABRIA.** CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, VIVIENDA Y URBANISMO  
C/ Vargas 53 - 8ª Planta. 39010 - SANTANDER  
Tel: 902-13-90-12; [www.gobcantabria.es](http://www.gobcantabria.es)

**CASTILLA-LA MANCHA.** CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN  
Avda. Río Estenilla, s/n ; 45071 TOLEDO  
Tel: 902-26-70-90; [www.jccm.es](http://www.jccm.es)

**CASTILLA-LA MANCHA - FORMACIÓN.** AGECA (AGENCIA DE LA ENERGÍA DE CASTILLA-LA MANCHA)  
Parque Científico y Tecnológico. Edificio de Energías Renovables. Avda de la Investigación s/n 02071 Albacete  
Tel: 902-101-480; [www.agecam.es](http://www.agecam.es)

**CASTILLA Y LEÓN.** CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y EMPLEO  
C/ Jesús Rivero Meneses, 3. 47014 Valladolid  
Tel: 983-414-911; [www.jcyl.es](http://www.jcyl.es)

**CASTILLA Y LEÓN - FORMACIÓN.** EREN (ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN)  
Avda. Reyes Leoneses, 11. 24008 León  
Tel: 987-849-393; [www.eren.jcyl.es](http://www.eren.jcyl.es)

**CATALUÑA.** ICAEN (INSTITUTO CATALÁN DE LA ENERGÍA)  
Avda. Diagonal 453 bis Ático - 08036 Barcelona  
Tel: 93-622-05-00; [www.icaen.net](http://www.icaen.net)

**COMUNIDAD VALENCIANA.** AGENCIA VALENCIANA DE ENERGÍA (AVEN)  
C/ Colón, nº 1, 4ª planta ; 46004 Valencia  
Tel: 963-427-900 ; [www.aven.es](http://www.aven.es)

**EXTREMADURA.** CONSEJERÍA DE FOMENTO  
Via de la Plata, nº 31. 06380 Mérida (Badajoz)  
Tel : 924-005-605; <http://fomento.juntaex.es>

**GALICIA.** INSTITUTO ENERGÉTICO DE GALICIA (IIEGA)  
Rua Ourense, nº 6; 15701 Santiago de Compostela (A Coruña)  
Tel: 981-541-538 ; [www.inega.es](http://www.inega.es)

**MADRID (COMUNIDAD DE).** CONSEJERÍA DE VIVIENDA  
Calle Maudes, nº 17. Madrid 28003  
Tel: 91-580-31-00; [www.madrid.org](http://www.madrid.org)

**PAÍS VASCO.** ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE)  
Edificio Plaza Bizkaia, Alameda de Urkijo, 36, 48011-Bilbao  
Tel: 944-035-600 ; [www.eve.es](http://www.eve.es)

**RIOJA (LA).** CONSEJERÍA DE INDUSTRIA, INNOVACIÓN Y EMPLEO  
C/ Marqués de la Ensenada 13-15 (entrada por Albia de Castro); 26071 Logroño  
Tel: 900-700-333; [www.larioja.org](http://www.larioja.org)

**MURCIA (REGIÓN DE).** CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, EMPRESA E INNOVACIÓN  
C/ Nuevas Tecnologías, s/n , 30071 Murcia  
Tel: 968-36-20-00; [www.carm.es](http://www.carm.es)

**NAVARRA (COMUNIDAD FORAL DE).** DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y COMERCIO  
Parque Tomás Caballero, 1 Edificio "Fuerte del Príncipe, II"; 31005 Pamplona  
Tel: 848-42-70-00; [www.cfnavarra.es](http://www.cfnavarra.es)

**CEUTA.** CONSEJERÍA DE FOMENTO  
C/ Beatriz de Silva, 14-bajo ; 51001 Ceuta  
Tel: 956-52-81-70; [www.ceuta.es](http://www.ceuta.es)

**MELILLA.** CONSEJERÍA DE FOMENTO  
pza. España, s/n. MELILLA. C.P. 52001  
Tel: 952-69-91-00 ; [www.melilla.es](http://www.melilla.es)

## II. Escala de calificación energética para edificios no residenciales

A continuación se incluye parte del documento reconocido “Escala de calificación energética”<sup>5</sup>, en concreto, la parte destinada a edificios no residenciales que es la que afecta a este estudio.

### I.1. Grado de similitud

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la calificación energética de un edificio se hace comparando el comportamiento del mismo con el de otros edificios similares. Antes de nada hay que precisar el significado del término similar o, en otras palabras, cuál es el grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan. Puesto que el objetivo de la Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios, la comparación debe realizarse en términos que permitan contribuir a alcanzar dicho objetivo.

Dicho de otra manera, no se deben introducir en la comparación elementos que no sean controlables por el proyectista y que, por tanto, serán imposibles de mejorar. Existen diferentes opciones posibles, tales como:

- a. Edificios construidos en el mismo periodo.
- b. Edificios situados en el mismo clima.
- c. Edificios que tengan el mismo uso (viviendas, oficinas, hospitales...).
- d. c + misma compactidad.
- e. c + misma forma y dimensión.
- f. c + misma forma, dimensión, orientación de las fachadas y relación vidrio/muro.
- g. f + mismos sistemas de climatización y de agua caliente sanitaria.

En todos los casos, un edificio se comparará con otros que se encuentren en el mismo clima, estando éste definido en términos del conjunto de variables y zonificaciones climáticas que se definen en las diferentes secciones del documento básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE en adelante).

### I.2. Edificios no destinados a vivienda

Para los demás sectores considerados de manera genérica, no existen patrones repetitivos suficientes que permitan una agrupación posterior. Es decir, no existe homogeneidad suficiente entre los edificios pertenecientes, por ejemplo, al sector de hospitales, como para que se pueda establecer una comparación objetiva entre ellos en términos de eficiencia energética.

Para estos edificios (es decir, todos los que no son edificios destinados a vivienda), el escenario de calificación es el incluido en la opción f). De acuerdo con este escenario, no existen edificios similares al edificio objeto propiamente dicho, sino que el único edificio similar a efectos de comparación es uno ficticio, denominado edificio de referencia, que tiene:

- a. La misma forma, tamaño y orientación que el edificio objeto.
- b. La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto.
- c. Los mismos obstáculos remotos que el edificio objeto.
- d. Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta, por un lado, y unos elementos de sombra, por otro, que garanticen el cumplimiento de los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la opción simplificada de la sección HE1–Limitación de demanda energética del CTE.
- e. La misma demanda de agua caliente sanitaria que el edificio objeto.
- f. La contribución solar mínima de agua caliente sanitaria que figura en la sección

<sup>5</sup> “Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción”. Documento reconocido accesible en [www.mityc.es](http://www.mityc.es)

- HE4—Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del CTE.
- g. El mismo nivel de iluminación requerido para el edificio objeto y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la sección HE2—Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del CTE.
  - h. Un valor estándar del rendimiento medio estacional de cada una de las instalaciones térmicas.
  - i. En los casos en que así lo exija el documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, una contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica, según la sección HE5 —Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica del CTE.

### I.3. Escala de calificación

Para estos edificios no existe un escenario de comparación propiamente dicho. El único edificio similar a efectos de comparación es el denominado edificio de referencia, tal cual se definió en el punto anterior.

El índice de calificación energética (C) para cada indicador energético es directamente el índice de eficiencia energética, es decir, la relación entre el valor del indicador estimado para el edificio objeto y el valor del indicador correspondiente al edificio de referencia:

$$C = \frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{referencia}}}$$

Para ser consistentes con la escala de edificios destinados a vivienda, el índice de calificación energética tomará el valor unidad en el límite entre las clases de energía C y D.

Además, se ha considerado que los ahorros alcanzables para estos edificios deberían ser equivalentes a los que se obtendrían para edificios destinados a viviendas. Con este razonamiento y las sugerencias del CEN, los límites de la escala (válida para edificios nuevos y existentes) se expresaría formalmente en función de C mediante:

Clase A si  $C < 0.40$   
 Clase B si  $0.40 \leq C < 0.65$   
 Clase C si  $0.65 \leq C < 1.00$   
 Clase D si  $1.00 \leq C < 1.30$   
 Clase E si  $1.30 \leq C < 1.60$   
 Clase F si  $1.60 \leq C < 2.00$   
 Clase G si  $2.00 \leq C$

En el caso de edificios nuevos, el índice de calificación energética se obtendrá mediante el Procedimiento de Referencia o algún Procedimiento Alternativo válido, sin que sea necesario para este caso, obviamente, la calibración de los Procedimientos Alternativos.

En el caso de edificios existentes, si el índice se obtuviera a través de datos reales de consumo y, a partir de ellos, de las emisiones correspondientes, no podría utilizarse la misma escala salvo que se arbitrara un procedimiento de normalización. Éste habría de tener en cuenta las condiciones reales (tanto las climáticas como las de operación) bajo las que se obtuvieron los consumos medidos, traduciéndolos a las condiciones estándar con las que se obtuvo la escala. En cualquier caso, para los edificios existentes, el aspecto clave no es tanto la letra que alcanza el edificio en su situación actual sino, más bien, las posibilidades de mejora de su eficiencia energética